

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

LIBEREC 2007

JANA SIVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

**DEFORMAČNÍ VLASTNOSTI
ELASTANOVÝCH NITÍ POUŽÍVANÝCH
V KONSTRUKCI KOMPRESNÍCH PUNČOCH**

**DEFORMATION OF ELASTAN THREADS
USED IN COMPRESSION STOCKINGS
CONSTRUCTION**

LIBEREC 2007

JANA SIVÁ

Počet stran: 83

P r o h l á š e n í

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Beru na vědomí, že si svou bakalářskou práci mohu vyzvednout v Univerzitní knihovně TUL po uplynutí pěti let po obhajobě.

V Liberci, dne 11. května 2007

.....

. Podpis

Poděkování

Děkuji paní Doc. Chrpové z Katedry textilních technologií FT, TU v Liberci za zajímavé téma, poskytnutí materiálů, cenných rad a připomínek k této práci. Děkuji také za psychickou podporu.

Laborantům na Katedře textilních technologií FT, TU v Liberci za pracovní podmínky a rady.

Děkuji rodině a přátelům za zázemí, které mi umožnilo psát tuto práci.

Děkuji

Anotace

Tato bakalářská práce byla vypracována na téma deformační vlastnosti elasthanových nití, které se používají v konstrukci kompresních punčoch. V první části jsou zahrnuty informace o vlastnostech, výrobě a problematice kompresních punčoch. Poznatky o elasthanových nitech a jejich aplikacích ve výrobě kompresních punčoch. V druhé, experimentální části jsou popsány principy měření a přístroje, na kterých byly zkoumány vybrané vlastnosti. Závěrem je vyhodnocení deformačních vlastností a výsledků měření elasthanových nití.

Abstract

This baccalaureate work is based on the study of the elastan threads behaviour during their deformation. The elastan threads are used in compression stockings construction. In the first part are included information about features, production process and problems with compression in stockings. In the second part, experimental part, are described principles of measuring and used apparatus. The main paragraph of this part is devoted to the measurement of chosen characteristics. Evaluation of the deformation characteristics and results are mentioned in the last part of this baccalaureate work.

Přehled použitých symbolů, zkratk a pojmů použitých v textu

<i>Zkratka</i>	<i>Vysvětlení nebo definice</i>
CVI	Chronické žilní onemocnění (Chronic Venouse Inssufficiency)
KT	Kompresní třída
KEP	Kompresní elastická punčocha
ICHDK	Ischemická choroba dolních končetin
ECS	Syndrom ekonomické třídy (Syndrom Class Economy)
ASTM	American Society Of Testing a Materials
Obr.	Obrázek
TAB	Tabulka
Viz.	Zaznamenáno
Např.	Například
Tzv.	Takzvaný
<i>Symbol</i>	
d [m]	Průměr nitě
l [m]	Délka nitě
P [mmHg]	Jednotka tlaku, milimetr rtuťového sloupce, $1\text{mmHg}=7,56\cdot 10^{-3}\text{Pa}$
σ [Pa]	Napětí
ε [%]	Poměrné protažení
F [N]	Síla
E	Modul pružnosti
T [tex]	Jemnost

Seznam odborných a cizích výrazů

Elastan – Polymer s obsahem nejméně 85 % segmentovaného polyuretanu

Elastický materiál – Materiál, který se působením tažné síly prodlouží a opět vrátí téměř do svého počátečního tvaru, když síla přestane působit

Dilace – Rozšíření, zvětšení délky nebo objemu materiálu. Změna rozměru způsobená změnou teploty

Lymfa – Mízní tekutina proudící v cévách

Kapiláry – Krevní vlásečnice

Varixy – Křečové žíly

Hystereze – Rozdíl mezi energií vloženou a získanou

Komprese – Tlak, kterým punčocha působí na končetinu

Kontraindikace – Nevhodnost použití

Anizotropie – Závislost fyzikálních vlastností prostředí na směru, ve kterém se měří

Organoleptický – Smyslový, posuzování předmětů smyslovými orgány

OBSAH

1. Úvod	9
1.1 Historie	9
1.2 Cíle práce	10
2. Současná problematika kompresní terapie	11
2.1 Obecné informace	11
2.2 Kompresní terapie	12
2.3 Kompresní elastické punčochy	13
2.4 Vlastnosti kompresních punčochových výrobků	17
2.5 Výroba KEP	18
3. Základní charakteristiky a dělení vláken	19
3.1 Vlastnosti vláken	20
3.1.1 Základní vlastnosti elastanových vláken	20
3.1.2 Přehled vlastností textilních vláken určených pro punčochové výrobky	24
3.1.3 Základní fyzikálně chemické a mechanické vlastnosti vláken	28
3.1.4 Geometrické vlastnosti	28
3.1.5 Mechanické vlastnosti	30
4. Experimentální část	33
4.1 Příprava vzorku	33
4.2 Měření	35
4.2.1 Pevnost, tažnost	36
4.2.2 Cyklické namáhání	44
4.2.3 Simulace oblékání KEP	50
5. Závěr	51
Seznam použité literatury	53
Příloha 1	54
Příloha 2	57
Příloha 3	61
Příloha 4	66

1. Úvod

1.1 Historie

Historii používání zdravotních kompresních punčoch při léčbě žilních onemocnění dolních končetin lze sledovat již od roku 1760. Používaným materiálem pro léčebnou pomůcku byla kůže a hedvábí. V roce 1860 byla zařazena mezi tyto materiály také pryž a bavlna.

Přelomovým rokem v historii zdravotních kompresních punčoch byl rok 1959 [6]. Na trh bylo uvedeno revoluční elastické vlákno vyvinuté firmou DuPont. Toto vlákno bylo založeno na nové třídě polymerů (jedná se o segmentované polyuretany známé pod obchodním názvem Elastan v Evropě a Spandex v USA). Toto vlákno bylo dále kombinováno s pokročilou technologií předení a stalo se unikátní díky:

- 10-krát menší jemnosti příze v porovnání s pryží
- 2-krát větší pevnosti v tahu než pryž při srovnatelných jemnostech příze a pryže
- větší mechanické a chemické odolnosti
- absenci latexu (z toho vyplývá nealergenní rys příze)

Postupem vývoje a zdokonalováním výroby vyplynuly roku 1987 klíčové požadavky na moderní zdravotní punčochy, jež mají zajišťovat maximální terapeutický efekt. V německém Kolíně byla vypracována Jakostní jistina RAL-GZ 387, kterou se evropští výrobci kompresních punčoch dodnes řídí. Jako důležitý je uváděn maximální soulad všech jmenovaných požadavků v TAB 1.

Dosažení tohoto maximálního souladu je možné:

- technologií pletení zdravotních punčoch,
- výběrem použitého materiálu (high-tech vláken),
- systémem měření a rozdělení velikostí zdravotních punčoch.

TAB 1 Požadavky kladené normou RAL GZ 387 a spotřebiteli na výrobce kompresních punčoch

	Obecně
1	Optimální zdravotní funkčnost
2	Komfort
3	Trvanlivost
4	Estetika

1.2 Cíle práce

Cílem mé práce je zkoumat deformační a mechanické vlastnosti elastanových nití, které se používají v konstrukci kompresních punčoch.

Trvanlivost kompresních punčoch je stanovena na 2 roky. Podle názoru lékařů je trvanlivost dána převážně jejich aplikací uživatelem. Konstatují, že elastan se často vydrolí z oblastí více namáhaných míst. Rovněž z dosažených výsledků prezentovaných v diplomových pracích vyplývá, že namáhání nitě v očku pleteniny je opakované a dlouhodobé, čímž dochází ke změně ve struktuře nití i konstrukci pleteniny. Tato skutečnost vede ke špatné funkci pleteniny [2].

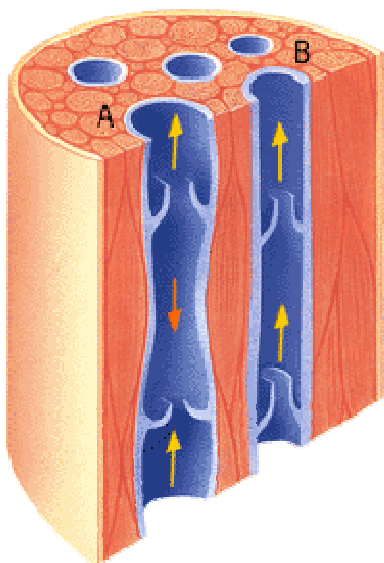
V předložené práci se proto zabýváme studiem mechanických a deformační vlastností elastanových nití.

2. Současná problematika kompresní terapie

2.1 Obecné informace

Křečové žíly [14] jsou nejčastějším cévním onemocněním, které jako typická civilizační choroba postihuje zejména obyvatele vyspělých zemí. V evropských zemích má křečové žíly 40 % žen a 20 % mužů. Pokud chceme porozumět příčinám vzniku křečových žil a možnostem prevence či jejich léčby, musíme na úvod popsat cestu krve do končetiny a její odtok zpět k srdci. Srdce pumpuje krev, která je tepnami rozváděna po celém těle, tedy i do dolních končetin. V tkáních se tepny mnohonásobně větví v síť vlásečnic, v nichž dochází k výměně živin a kyslíku za kysličník uhličitý a odpadní látky. Odkysličenou krev sbírají jiné vlásečnice, které se slévají do stále větších a větších žil a ty přivádějí krev zpět do srdce. Krev z nohou směrem do plic k jejímu novému okysličení vytlačuje hlavně činnost srdce a to v pravidelných pulsech. Dále je to pohyb svalů při chůzi nebo cvičení a pohyb bránice při dýchání. Proč ovšem krev stoupá směrem vzhůru a nepadá zpět? Velice důležitou roli zde hraje důmyslný systém žilních chlopní, které působí jako jednosměrné záklopy. Mezi jednotlivými pulsy chlopně vytvářejí jakési kapsy, které nepustí krev zpět.

Křečová žíla vzniká povolením její stěny. Tím dojde k rozšíření žíly. Chlopně, které působí jako přidržovače krve, ztrácejí svoji funkci. Krev proto špatně cirkuluje, nohy během dne opuchají a hodně bolí.



Obr. 1 Křečová žíla (A – nemocná žíla, B – zdravá žíla)

Rizikové faktory

Genetické vlivy: V mnohých rodinách se křečové žíly dědí a u příslušníků těchto rodin byly prokázány takové změny ve složení žilní stěny, které vedou k její menší pevnosti a snadnějšímu roztažení.

Obezita: Větší tělesná hmotnost vytváří vyšší přetlak v žilách, a tak o třetinu více obézních lidí má křečové žíly.

Těhotenství: Čím vícekrát byla žena těhotná, tím častěji trpí křečovými žilami. V těhotenství na žíly nepříznivě působí hormonální změny, nárůst hmotnosti a v neposlední řadě i útlak pánevních žil zvětšující se dělohou, která brání v řádném odtoku krve. Z těchto důvodů se každé ženě v těhotenství doporučuje nosit speciální stahovací punčocháče.

Dlouhodobé sezení a stání: Škodlivé pro žilní stěny je jak dlouhodobé sezení, tak i dlouhodobé stání. Naproti tomu chůze je prospěšná. Typickou skupinou žen, které trpí křečovými žilami jsou servírky a prodavačky.

Nevhodné oblečení: Lemy u ponožek, podkolenek a punčochových kalhot, které škrtí a jakékoli jiné těsné oblečení se stává také rizikovým faktorem v tvorbě křečových žil.

2.2 Kompresní terapie

Kompresní terapie [6] je v současné době nedostatečně doceněna a opomíjena. Jedná se hlavně o kritiku již zaběhlého laxního přístupu některých lékařů. Přitom je to terapie levná, dostupná a účinná. Ve svém postavení je nezastupitelná – nelze ji ničím jiným nahradit.

Na základě Edinburghské studie 80 % populace Evropy trpí onemocněním CVI (chronická žilní nedostatečnost).

V takovém případě nastává kompresní terapie, která spočívá v přímé aplikaci graduovaného tlaku na tkáňové struktury za účelem fyziologických změn v oblasti žilní a mizní cirkulace.

Kompresní terapie působí na mnoho důležitých biologických funkcí v těle pacienta, jak uvádí TAB 2.

TAB 2 Účinky kompresní terapie na pacienta

Účinky na žilní systém	Zužuje dilatované žíly Odstraňuje nedostatečný zpětný tok žilní krve Snižuje přetlak v žilním systému Zvyšuje rychlost proudění žilní krve Zlepšuje žilní návrat Normalizuje zpětný transport tekutin Zlepšuje výkon žilně-svalové pumpy Zrychluje hojení zánětů
Účinky na lymfatický systém	Zlepšuje odvod lymfy Redukuje tvorbu otoku
Ovlivnění subjektivních potíží	Redukuje symptomy CVI (bolest, tíha, tlak, otok) Zlepšuje kvalitu života
Účinky v oblasti mikrocirkulace	Zvyšuje rychlost krevního toku v kapilárách Snižuje možnost vzniku zánětů
Kontraindikace	Srdeční nedostatečnost Ischemická choroba tepen dolních končetin, zejména při kotníkovém indexu $ABI < 0,8$ (rozdíl mezi tlakem na paži a tlakem na kotníku) Nesnášenlivost materiálu Onemocnění kůže

2.3 Kompresní elastické punčochy

Na našem trhu [14] je nepřehledné množství tuzemských i zahraničních výrobků. Rozdíl mezi nimi je nepatrný a s rozvojem techniky se nadále zmenšuje. Neznamená tedy, že výrobky plně hrazené zdravotní pojišťovnou jsou horší kvality, než výrobky s menším či větším doplatkem. Léčba žilního onemocnění se řídí závažností onemocnění. Podle toho se liší také jednotlivé kompresní třídy, které odpovídají závažnosti onemocnění. V TAB 3 jsou jednotlivé kompresní třídy uvedeny spolu se stručnou charakteristikou onemocnění, která léčí.

Dělení:

- dle komprese

TAB 3 Kompresní třídy a indikace kompresních elastických punčoch

Kompresní třída	Tlak v oblasti kotníku	Komprese	Indikace
KT I.	15 – 21 mmHg	Mírná	Počínající varixy Otoky po námaze gravidita
KT II.	23 – 32 mmHg	Středně silná	Onemocnění žilního systému
KT III.	34 – 56 mmHg	Silná	Choroby žilního a mízního systému, otoky

I. kompresní třída: preventivní použití - prevence rozvoje varixů, udržení dobrého výsledku operace nebo skleroterapie, delší cesty, prevence tromboembolické choroby u operovaných a dlouhodobě ležících pacientů. Není hrazena zdravotní pojišťovnou.

II. kompresní třída: jako I.KT + při výrazné zátěži (práce trvale vstojе, peri- a menstruální období, gravidita), časně pooperačním období - operace varixů, v průběhu skleroterapie. Je plně hrazena zdravotní pojišťovnou nebo s minimálním doplatkem na neklouzavé zakončení. Může předepisovat i praktický lékař.

III. kompresní třída: žilní nedostatečnost těžšího stupně - s otoky, trofickými změnami resp. zhojeným vředem, lymfedém, výjimečně skleroterapie velkých varixů. Plně hrazena zdravotní pojišťovnou nebo také s minimálním doplatkem na neklouzavé zakončení. Může předepisovat pouze lékař specialista.

IV. kompresní třída: velmi těžká žilní nedostatečnost a lymfedém, úporné otoky. Předepisuje se velice zřídka a pouze odborným lékařem.

- dle druhu - typu

horní končetiny

rukavice

pažní návlek

pažní návlek s rukavicí

dolní končetiny

punčochy lýtkové - podkolenky

punčochy polostehenní

punčochy stehenní

punčochy s uchycením v pase

punčochové kalhoty - pro muže i ženy

punčochové kalhoty pro těhotné

Všechny vyjmenované punčochy se vyrábějí v různém barevném provedení se špičkou nebo bez špičky, polostehenní a stehenní punčochy mohou mít navíc neklouzavé zakončení (samodržící lem nebo krajka).

Kontraindikace KEP:

- nesnášenlivost materiálu
- onemocnění pohybového aparátu znesnadňující navlékání - stavy po totálních endoprotézách
- onemocnění, která se mohou zhoršit úsilím při navlékání: kolísavá a závažná hypertenze, angina pectoris, onemocnění meziobratlových plotének, neoperované kýly
- onemocnění s horším prokrvením - ICHDK, DM

Předpis správné kompresivní punčochy je kvalifikovaný výkon, kterému by mělo předcházet zhodnocení kontraindikací, přístrojové vyšetření tepenného prokrvení a žilní funkce, s následným dokonalým proměřením obvodů končetiny lékařem nebo zdravotní sestrou. V ordinacích se nejvíce osvědčily výrobky tuzemské firmy Maxis a.s. nejen pro vysokou kvalitu, estetický vzhled, ale i pro cenovou dostupnost.

Závažnost potřeby KEP v dnešní době:

V současné době rozmachu turistického a obchodního cestování na dlouhé vzdálenosti (osobní automobil, autobus, letadlo) se vyskytuje žilní trombóza

v souvislosti s dlouhodobým sezením v dopravním prostředku u lidí, kteří nepoužívají KEP [6].

Studie z roku 1999 (z letiště v Honolulu) uvádí, že hlavním viníkem bývá obezita, dřívější trombóza, nedávný úraz, sádrový fixační úraz či těhotenství ve spojení s faktory specifickými, např. pro leteckou přepravu (tzv. ECS – economy class syndrom = syndrom ekonomické třídy) viz TAB 4.

TAB 4 Negativní specifické faktory pro leteckou přepravu týkající se letů delších než 5 – 7 hodin

Negativní faktor	Konkrétně
Vzdálenost sedadel tzv. turistické třídy	75 cm
Málo možnosti k chůzi během delšího letu	
Dehydratace	Stres, káva, alkohol
Nízká vlhkost vzduchu v kabině	10 – 12 % (relativní vlhkost vzduchu je 65 %)
Tlak vzduchu v kabině	180 – 600 mmHg (Tlak u hladiny moře je 760 mmHg)

Zdraví jedinec pokles tlaku na 600 mmHg (což je 2000 – 2500 m nadm. výšky) snadno toleruje. Kardiaci a pacienti s plicním onemocněním již mnohem hůře.

Situace se zhoršuje během letu, ale vzhledem k tomu, že se nedostaví varovný příznak dušnosti – potenciální pacient dál sedí a je absolutně v klidu. Roste riziko vzniku krevních sraženin, tzv. trombů, tudíž ohrožení na životě.

V Evropě je na prvním místě riziková osobní a autobusová nonstop přeprava trvající déle než 7 – 10 hodin jízdy bez zastávky.

V TAB 5 jsou uvedeny tři skupiny pasažérů nepoužívající KEP, rozdělených podle rizika vzniku krevních sraženin.

TAB 5 Skupiny pasažérů rozdělených podle rizika vzniku krevních sraženin.

Stupeň rizika	
Nízké	Každý let u zdravého jedince déle než 5 hodin

Střední	Věk více než 40 let Obezita Těhotenství Hormonální antikoncepce CVI
Vysoké	Předchozí hluboká žilní trombóza Přítomnost nádoru Vrozená, či získaná porucha krevní srážlivosti

U středního rizika jsou doporučovány kompresivní punčochy I. a II. kompresní třídy po dobu během letu.

2.4 Vlastnosti kompresivních punčochových výrobků:

Nejdůležitější jsou vlastnosti [2] mechanické (především zajištění požadovaného svěru), geometrie vazby (reliéf povrchu je při větším svěrném tlaku nepříjemný), rozměry (přizpůsobení výrobku rozměrům končetin, změny rozměrů při pohybu apod.) a tepelné vlastnosti (silné a hřejivé výrobky v teplém nemocničním prostředí, nedostatečný transport vody a vodních par). Vlastnosti elastických (ale i dalších) pletenin a obtočených pružných nití jsou ovlivněny existujícím předpětím. I tento jednoduchý výrobek lze označit na předpjatou textilií, neboť i při nulovém vnějším zatížení je vlivem tlaku obtáčených nití elastická nit podélně protažená (po odvinutí obtáčených nití se prodlouží). Deformační vlastnosti pružné pleteniny by v ideálním případě měly zajistit požadovaný svěr při minimálním vlivu změn rozměrů končetin.

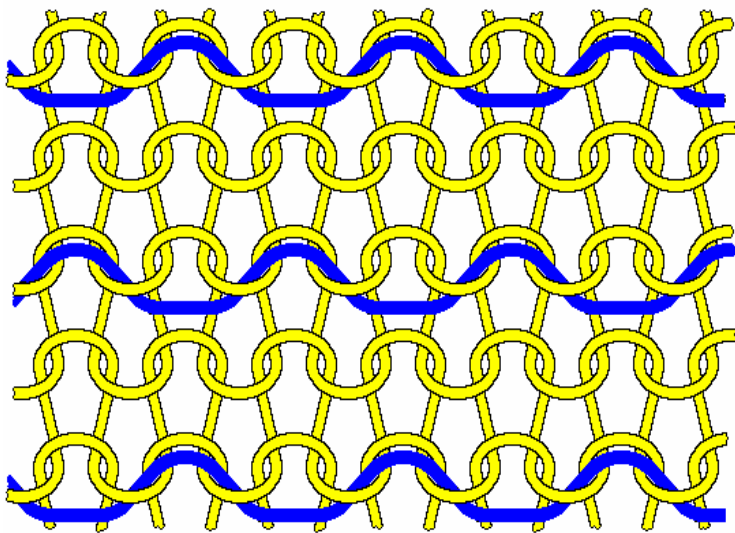
2.5 Výroba KEP

Norma [7] a publikace se zmiňují o pletařských vazbách, jež jsou vhodné pro KEP. Jedná se o zátažné jedolící (ZJ) a zátažné oboulící (ZO) pleteniny, pletené na

maloprůměrových okrouhlých pletacích strojích (MPS), nebo plochých pletacích strojích (PPS) a osnovní jednolící (OJ) pleteniny pletené na osnovních strojích. Na MPS vychází pletenina ze stroje ve formě hadicového úpletu, u kterého je třeba zapracovat ještě špičku chodidla a lem. Na PPS vychází pletenina ve formě plošné textilie, která je poté speciálním způsobem sešita do tvaru punčochy.

Nejčastěji [2] se používá ZJ výplňková pletenina s elastickou výplňkovou nití. Pružná nit bývá pryžová nebo polyuretanová, často obtočena jiným materiálem, např. hedvábím, bavlnou.

Obr. 2 Výplňková pletenina



3. Základní charakteristiky a dělení vláken

Typickým rysem vláken je, že jejich tloušťka je o několik řádů menší než jejich délka [1]. Tloušťka běžných vláken se obvykle pohybuje v rozsahu $d = 10^{-6} - 10^{-4}$ m a délka v rozsahu $l = 10^{-2} - 10^{-1}$ m. Poměr $l/d = 10^3$ ukazuje, že převažujícím rozměrem je délka. U vláken přírodních je délka i tloušťka dána podmínkami růstu vláken a je ovlivnitelná člověkem pouze nepřímo. U vláken chemických a syntetických je možné měnit nejen délku a tloušťku, ale také tvar příčného řezu záměrně. To má značný význam zejména u kategorie mikrovláken. Vláknina mají řadu specifických rysů, které je odlišují od ostatních materiálů.

Základní jsou:

Vlákninná struktura, která vzniká vlivem nevratné orientace makromolekul podél osy vláken s částečnou krystalizací. Elementem je mikrofibrila, která je charakterizována pravidelným střídáním amorfních a krystalických oblastí. Mikrofibrily se shlukují do vyšších útvarů fibril, kde jsou vzájemně propojeny vaznými řetězci. Vlákninná struktura je typická jak pro přírodní, tak i syntetická vlákna.

Anizotropie fyzikálních a mechanických vlastností vláken způsobená vlákninnou strukturou. Ve směru osy vláken jde o orientovaný systém, kde jednotlivé řetězce spojené kovalentními vazbami sdílejí řadu sekundárních vazeb bránících jejich deformaci.

Kooperativní charakter viskoelastické deformace souvisí s tím, že segmenty polymerních řetězců jsou navzájem propojeny sekundárními vazbami. Podle teploty se pak na deformaci segmentu více či méně podílejí segmenty sousední. Čím je teplota vyšší, tím je větší i zapojení okolních řetězců při odezvě na působící napětí. Z mechanického hlediska představuje většina vláken nelineární viskoelastické těleso. To znamená, že kromě okamžité deformační odezvy na působící napětí, se projeví odezva časově závislá a také trvalá deformace. Vláknina mají tedy schopnost relaxace napětí vedoucí ke stabilizaci požadovaného tvaru.

Organoleptické charakteristiky vláken se projevují v omaku a lesku textilních struktur.

3.1 Vlastnosti vláken

Každý druh [1] vláken má své charakteristické vlastnosti. Vlastnosti textilních vláken a výrobků tvoří jejich užitnou hodnotu, která je dána souhrnem jejich konkrétních vlastností pro použití.

Jakost vlákna je charakterizována některými společnými znaky, jako jsou vlastnosti geometrické (délka, tloušťka, tvar), fyzikálně mechanické (pevnost, tažnost, pružnost), fyzikálně chemické (sorpce, bobtnavost, odolnost vůči některým chemikáliím, vlhkost apod.), optické (barva, lesk), tepelně izolační a elektrické.

Vlastnosti vláken se projevují ve vlastnostech textilií buď přímo (zejména chemické vlastnosti) nebo nepřímo. Vzhledem k rozsahu a zaměření této knihy jsou uvedeny pouze vybrané vlastnosti vláken.

Vlastnosti vláken souvisejí s :

- a) chemickým složením
- b) způsobem výroby
- c) kombinací obou

Popisují:

- a) zpracovatelnost
- b) užitnost
- c) trvanlivost

3.1.1 Základní vlastnosti elastanových vláken:

Elastomerová vlákna [1] mají vzhledem ke svojí chemické struktuře vysokou tažnost a rychlou schopnost zotavení se po deformaci řádově ve stovkách %. Vlákna se vyznačují dobrou stálostí proti potu, tukům a čistícím prostředkům. V porovnání s pryží jsou elastanová vlákna lehčí, jemnější, odolnější vůči oděru a UV záření, stálější a barvitelné řadou barviv. Nejčastěji se používají v podobě hedvábí, obvykle opředené bavlněnými, viskóзовými nebo polyamidovými vlákny.

Elastická vlákna [12] se také nazývají elastomery a jsou definována jako vlákna, která se nechají roztáhnout na nejméně trojnásobnou délku a po uvolnění tíhy se vrátí na (téměř) původní rozměr.

Elastomery se často rozdělují na:

Elastany – polymery s obsahem nejméně 85 % segmentovaného polyuretanu.

Elastodieny – vlákna sestávající z přirozeného nebo syntetického polyisoprenu, získaného především z kaučuku. Vlákna jsou sice levnější než elastany, ale jsou velmi náchylná proti vlivům světla, tepla atd. Proto je dne téměř zcela nahradily elastany.

Pod tento pojem nespádají vlákna a příze, které získaly určitou pružnost mechanickým nebo pneumatickým tvarováním nebo chemickou modifikací, jako např. zkadeřené polyesterové vlákno.

Chemické složení a výroba elastanu:

Elastičnost vlákna se dosáhne chemickým spojením dvou segmentů:

Krystalickým, polyuretanový tvrdý segment (krátký molekulový řetězec s vysokým bodem tání) se střídá s amorfním, měkkým segmentem z polyesteru nebo polyeteru (dlouhý řetězec, tavící se při 30 – 40 °C). Při výrobě je možné přizpůsobit v širokém rozsahu pružnost a pevnost a určit matování nebo průhlednost vlákna. Vlákno se vyrábí jen ve formě hedvábí, protože má jen malou pevnost v oděru, musí se pro některé textilní výrobky ovinout (připřádáním nebo skaním) odolnějším druhem vlákna a tím vytvořit přízi s ochranným pláštěm kolem elastického jádra.

První výrobky přišly na trh v roce 1959. Výrobky DuPont (Spandex), Invista (Lycra)

Jsou snadno deformovatelné a deformace je z větší části vratná. Typický elastomer má schopnost prakticky úplného elastického zotavení po deformaci řádově ve stovkách procent. Jsou charakteristické tzv. entropickou elasticitou, kdy napětí σ je úměrné teplotě T a funkci deformace ε

$$\sigma = NRT * [(1 + \varepsilon) - (1 + \varepsilon)^{-2}] \quad (1)$$

Zde N je počet molů polymerních řetězců na jednotku objemu a R je universální plynová konstanta. Závislost napětí na deformaci je konkávně rostoucí a monotónní. Entropická elasticita je způsobena speciálním uspořádáním řetězců a přechodem ze

sbalené formy (klubko) do protažené formy a zpět. Elastomery se používají při teplotách T vyšších než je jejich teplota zesklenní T_g .

Polyuretanové elastomery:

Jako elastomery [1] se podle doporučení ASTM (American Society of Testing and Materials) označují materiály, které jsou za normální teploty schopné protažení o nejméně dvojnásobek své délky a po odstranění napětí prakticky okamžitého zkrácení na přibližně původní délku. Zatím nedostižitelný je vulkanizovaný přírodní kaučuk, který je schopen prakticky úplného zotavení z opakovaných deformací až o 400 %.

Z molekulárního hlediska znamená elastomerní chování možnost polymeru být za běžných teplot ve dvou stavech. V relaxovaném stavu (kde jsou polymerní řetězce sbalené do klubek) a protaženém stavu s napjatými řetězci. Relaxovaný stav musí být dostatečně stabilní a polymer musí mít dostatečnou vnitřní pohyblivost řetězců, aby byl schopen snadné deformace a retrakce (teplota zesklenní musí být tedy pod běžnými teplotami vzduchu). To vyžaduje silně ohebné řetězce se slabými meziřetězcovými vazbami. Pro dobré zotavení je potřeba zajistit mezimolekulární přitažlivost poměrně dlouhého dosahu. Na druhé straně musí existovat systém zábran pro molekulární tok v protaženém stavu. Těmto požadavkům více či méně vyhovuje řada segmentovaných blokových kopolymerů. Měkké flexibilní segmenty se u těchto látek střídají s tuhými (obvykle krystalickými) úseky. Pro vláknářské účely vyhovují požadavkům na elastomery především segmentované polyuretany, i když jde ve skutečnosti o kopolymery, kde polyuretanové můstky spojují měkké a tvrdé segmenty.

Měkké segmenty tvoří většinou alifatické polyétery nebo kopolyestery (65-90 % z hmoty vlákna). Tyto úseky přecházejí při makroskopickém protažení z neorientované sbalené formy na protažený tvar. Během protažení se jednotlivé řetězce přiblíží natolik, že dojde ke tvorbě uspořádaných (krystalických) oblastí, což vede k zvýšení tuhosti a pevnosti protaženého vlákna. Po uvolnění takového napětí dochází k porušení krystalitů měkkých segmentů (tání) a návratu do původního stavu. Síla způsobující návrat protažených řetězců do původního sbaleného tvaru je dána především entropickými změnami (stejně jako u pryže). Maximální průtah souvisí s délkou měkkých segmentů.

Tvrdé segmenty jsou většinou tvořeny aromatickými polymočovinami. Tyto segmenty tvoří poměrně rigidní shluky v oblasti, kde jsou sekundární vazby často vodíkové můstky nebo přitažlivé síly mezi komplanárními aromatickými jádry. Tyto

vazby musí být dostatečné, aby nedocházelo k molekulárním prokluzům při napínání vláken (to by znamenalo plastickou deformaci). Tuhé úseky nesmí být příliš blízko u sebe, aby neomezovaly vratné deformace úseků měkkých (navíc se požaduje, aby měly dostatečně vysoký bod tání omezující plastický tok při vyšších teplotách). Spojení mezi tvrdými a měkkými úseky je realizováno pomocí tzv. uretanové vazby --CO--O--NH-- . V elastomerních vláknech jsou rozměry tuhých segmentů 3-10 μm . Tyto segmenty jsou v neprotaženém vlákne náhodně orientované. Pro další omezení molekulárních prokluzů při vysokých protaženích lze také provádět částečné zesílení.

Jistou nevýhodou polyuretanových elastomerů je to, že zotavení je časově závislé (orientované tuhé segmenty v protaženém vlákne se vracejí do méně orientovaného stavu pomaleji). Na druhé straně je možné využít pro stabilizaci tvaru tepelnou fixaci (na vzduchu při 175-205 $^{\circ}\text{C}$ po dobu 20-90 s a v páře při 116 $^{\circ}\text{C}$ po dobu 5-20 min).

Spandexová vlákna se vyrábějí z makroglykolů a makrodiizokyanátů, které tvoří základ měkkých a tvrdých segmentů. Tyto makroradikály se pak spojují uretanovými vazbami. Vzniklý polymer je rozpustný v dimetylformamidu nebo dimetylacetamidu, takže ho lze spřádat z roztoku jak za mokra, tak i za sucha. Je možné také realizovat reakční spřádání, kdy probíhá zvláknování makrodiizokyanátového prepolymeru se současnou polyadací na výsledný polymer. Pro některé typy polymerů (obsahujících místo tvrdých polymočovinových segmentů polyuretanové segmenty), lze použít i tavné zvláknování při teplotách kolem 200 $^{\circ}\text{C}$.

Spandexová vlákna se dodávají obvykle jako hedvábí v rozsahu jemností 3-6000 dtex. Podle typů zvláknování mají buď kruhový průřez (Lycra – zvláknění za sucha), nebo laločnatý průřez (zvláknění za mokra). Obsahují obvykle 1-5 % matovacího prostředku (TiO_2). Síla do přetrhu se pohybuje kolem 0,5-1,4 cN/dtex (vztaženo na nedeformované vlákno) a odpovídající tažnost je 400-650 %. Pevnost vztažená na deformované vlákno před přetrhem vyjde 5-7krát větší. Vlákna jsou schopna prakticky úplného zotavení při cyklickém zatěžování v rozmezí 200-350 %. Je patrné, že od -40 $^{\circ}\text{C}$ začíná teplotní expanse a ke srážení v důsledku parciálního tání měkkých segmentů dochází až při 10 $^{\circ}\text{C}$. K maximálnímu srážení dochází při 160 $^{\circ}\text{C}$ pro polyesterový typ a při 175 $^{\circ}\text{C}$ pro polyéterový typ. Teplota měknutí je kolem 170 $^{\circ}\text{C}$ (polyesterový typ) resp. 195 $^{\circ}\text{C}$ (polyéterový typ).

Základní výhodou těchto elastomerů proti kaučuku je jejich nízká měrná hmotnost a zejména barvitelnost jak disperzními, tak i kyselými barvivými.

Vliv organických rozpouštědel na spandexová vlákna závisí do značné míry na jejich polaritě. Nepochybně alifatické uhlovodíky nemají výrazný vliv. V perchloetylénu dochází pouze k silnému bobtnání, které je reversibilní.

Do vláken se také přidávají antioxidanty a UV stabilizátory omezující náchylnost uretanových můstků k degradacím oxidačního typu. Odolnost vůči chemikáliím je do značné míry ovlivněna chemickým složením měkkých a tuhých bloků. Proti hydrolityckému působení jsou odolnější vlákna obsahující polyéterové bloky. Vlákna obsahující polyesterové bloky zase lépe odolávají oxidaci a méně absorbují oleje (které mohou, pokud jsou nenasycené, urychlit oxidační procesy). Vlákna jsou obecně stálá na světle. Pro spandexová vlákna se obecně nedoporučuje chlornanové bělení (nebezpečí porušení polymerních řetězců), bez problému lze však použít bělení peroxidové. Vlákna ze segmentovaných polyuretanů lze snadno barvit barvivými disperzními, kyselými i kovokomplexními.

V poslední době se díky hemokompatibilitě začíná s aplikací segmentovaných polyuretanů v biomedicíně. Zajímavá je možnost využití těchto elastomerů pro vázání oxidačního stavu polyanilínu (emeraldin), který má nejvyšší elektrickou vodivost. Používá se amidace pevných segmentů obsahující karboxylové skupiny. Výsledkem je vodivý elastomer vhodný např. pro ovíjení kabelů vysokého napětí.

3.1.2 Přehled vlastností textilních vláken určených pro punčochové výrobky:

Na vlastnosti [3] úpletů mají vliv vlastnosti použitých vláken

Přírodní organická vlákna:

Přírodní rostlinná vlákna jsou díky svým vlastnostem nenahraditelná. Mají vysoký stupeň navlhavosti a nasáklivosti, zajišťují vysoký komfort nošení z hlediska fyziologických vlastností v létě i zimě. Rostlinná vlákna jsou tvořena organickou látkou – celulózą (makromolekulární látka), která tvoří stěny rostlinných buněk. Přírodní vlákna živočišná jsou tvořena bílkovinami, které jsou sestavené ze základních aminokyselin.

Bavlna:

Přírodní rostlinné vlákno ze semen.

Vlastnosti – působením slunečního záření postupně žloutne a ztrácí pevnost. Má dobré elektroizolační a tepelně izolační vlastnosti. V lihu sodném bobtná (merceruje), hladší povrch vláken odráží světlo (nabude lesku). Působením minerálních kyselin v závislosti na teplotě a koncentraci dochází k hydrolýze. Bavlněná vlákna se vyznačují vysokou pevností za mokra, dobrou absorpční vlastností, nízkou rovnoměrností vláken. Bavlněná vlákna se směšují se syntetickými vlákny – PA, PE – za účelem zvýšení pevnosti a stálosti tvaru.

Len:

Přírodní rostlinné vlákno ze stonku (lýkový vlákna).

Vlastnosti – Lněná vlákna jsou odolná při teplotě do 120 °C, při vyšších teplotách ztrácejí barvu. Účinkem slunečního záření postupně ztrácejí pevnost. Tepelná vodivost je velká, tvarová stálost horší než u bavlny (lněné tkaniny ztrácejí žehlením rychle daný tvar). Pevností a trvanlivostí je len stále významnou textilní surovinou.

Vlna:

Přírodní organické vlákno ze srsti zvířat.

Vlastnosti – zvláštní vlastností je plstivost. Dlouhodobým působením teploty 100 °C vlna křehne, při 130 °C se rozkládá, uhelnatí při 205 – 300 °C. Působením slunečního záření klesá pevnost vláken. Má dobré elektroizolační vlastnosti a velmi dobré tepelně izolační vlastnosti.

Chemická organická vlákna:

Viskózová vlákna:

Jsou to chemická organická vlákna z přírodních polymerů rostlinného původu. Mají výhodné fyziologické vlastnosti a dobrou barvitelnost, proto jsou považována za velmi dobrou surovinu pro směsování. Další výhodou je příjemný omak. Mezi nevýhody patří nízká pevnost a nízká tvarová stálost.

Vlastnosti – vlákna mají vysokou bobtnavost, která je spojená s malou pevností a velkou plastickou tažností za mokra. Z hlediska zpracovatelských vlastností mají vlákna malý sklon ke vzniku elektrostatického náboje, mají tvarovou stálost za mokra a za sucha, malý sklon k fibrilaci vláken a k tvorbě žmolku.

Polyamidová vlákna:

Jsou to chemická organická vlákna ze syntetických polymerů. Typickou vlastností vláken je jejich snadná údržba, vysoká pevnost, odolnost vůči oděru a ohybu. Dobré elastické vlastnosti. Jejich typickou nevýhodou je nízká teplota měknutí, malá stálost vůči světlu a méně příjemný omak.

PA vlákna jsou podle způsobu výroby a výchozí suroviny dělena na:

- vlákna běžných typů – PA 6, PA 6.6, PA 11
- vlákna méně běžných typů – PA 4, PA 4.6, PA 5,6, PA 6.10, PA 7, PA 7.6, PA 8.6., PA 9, PA 9.6
- vlákna z vysoce aromatizovaných polyamidů a aramidy – Kevlar, Nomex.

Vlastnosti – jsou termoplastické, tavitelné, srážlivé, podléhají fotodegradaci. Mají vysoký sklon k tvorbě elektrostatického náboje, dobrou tvarovou stálost, odolnost vůči fibrilaci, velký sklon ke žmolkovitosti.

Polyesterová vlákna:

Chemická organická vlákna ze syntetických polymerů

Vyrábějí se jako:

- typ normální
- typ speciální – modifikované buď chemicky nebo fyzikálně. Vznikají polyesterová vlákna se sníženým sklonem ke žmolkovitosti, s upravenou srážlivostí apod.

Vlastnosti – navlhavost je nízká. Vlákna se vyznačují vysokou pevností za mokra.

Polyakrylonitrilová vlákna:

Chemická organická vlákna ze syntetických polymerů

Dva typy:

- normální – víc než z 85 % vyrobený z akrylonitrilu
- modakrylový typ

vlastnosti – vysoce hořlavé, při teplotě nad 120 °C žloutnou, odolnost vůči oděru je nižší, navlhavost poměrně nízká, při zpracování dochází ke vzniku elektrostatického náboje, nepodléhají fotodegradaci.

Polypropylenová vlákna:

Chemická organická vlákna ze syntetických polymerů. Polypropylenové a polyethylenové jsou hlavními typy polyolefinových vláken.

Vlastnosti – nižší měrná hmotnost než voda, velmi dobrá tepelná a izolační vlastnost. Stálost vůči působení většiny chemikálií. Podléhají fotodegradaci. Mají menší sklon k tvorbě elektrostatického náboje při zpracování, malá stálost tvaru a sklon ke žmolkovitosti. Velmi dobrá pevnost, pružnost, odolnost vůči oděru, lepší termoizolační vlastnosti než vlna. Jsou schopná rychlého transportu vody – příjemné při styku s pokožkou.

Polyuretanová vlákna:

Chemická organická vlákna ze syntetických polymerů. Nejčastěji používán – segmentovaný polyuretan (spandex).

Vlastnosti – vysoká tažnost a schopnost zotavení se po deformaci. Vyznačují se dobrou stálostí vůči potu, tuku a čisticím prostředkům. V porovnání s pryží jsou lehčí, jemnější, odolnější vůči oděru a UV záření, stálější a barvitelné řadou barviv. Nejčastěji se používají ve formě hedvábí, opředené bavlněnými, viskóзовými nebo polyamidovými vlákny.

3.1.3 Základní fyzikálně chemické a mechanické vlastnosti vláken:

TAB 6 Vlastnosti vláken

Vlákna	Obsah vlhkosti při RV 65 % a T 25 °C [%]	Relativní pevnost za sucha [mN.tex ⁻¹]	Relativní pevnost za mokra [%]	Tažnost za sucha [%]	Tažnost za mokra [%]

CO	7.5 – 8.5	297 – 470	100 – 110	9 – 10	7 - 11
LI	15.0	440 – 530	115 – 120	0.6 – 1.8	0.7 – 2.2
WO	16.0 – 18.0	89 – 178	78 – 90	25 – 35	25 - 55
VI	11.0 – 14.0	180 – 350	55 – 65	15 – 30	110 - 130
PA 6	4.0 – 4.4	400 – 600	80 – 90	30 – 60	105 - 125
PA 6.6	4.1 – 4.5	400 – 600	80 – 90	30 – 60	105 - 125
PE	0.4 – 0.6	400 – 600	95 – 100	15 – 40	100 - 105
PC	1.0 – 1.5	200 – 350	80 – 95	16 – 36	100 - 120
PP	0	250 – 600	100	15 – 30	100
EA	0.5 – 1.5	50 – 120	100	400 – 700	100

3.1.4 Geometrické vlastnosti

Základní charakteristikou vláken [1] je jejich ohebnost, která umožňuje formování přízí a dalších nadvlákenných útvarů. Ohebnost vláken souvisí s modulem pružnosti E a momentem setrvačnosti příčného řezu I (pro kruhové vlákno poloměru d

je $I = \frac{\pi * d^4}{64}$) (2). Jako měřítko ohebnosti je možno použít parametr definující

ohebnost $F_e = \frac{l}{(M * R)}$ (3), kde M je ohybový moment a R je poloměr křivosti vlákna.

Pro průhyb nosníku platí, že $M * R = E * I$ (4). Pro kruhová vlákna o průměru d je tedy

$$F_e = \frac{64}{E * \pi * d^4} \quad (5)$$

Je patrné, že pro vlákna s vyšším modulem E bude třeba k zachování ohebnosti použít menší průměr. Průměr vlákna pro zadanou ohebnost je pak nepřímo úměrný čtvrté

odmocnině z modulu. Tj. $\frac{1}{E^4}$ (6). Vlákna s vysokým modulem tedy budou muset mít

menší průměr, aby byla zachována postačující ohebnost. Ohebnost je také nepřímo úměrná čtvrté mocnině tloušťky. Bylo zjištěno, že pro tloušťky kolem 30-40 μm jsou vlákna již příliš tuhá (neohebná) a nehodí se pro výrobu staplových přízí. Tloušťka

přírodních vláken se naštěstí pohybuje v rozmezí 10-40 μm a syntetických vláken v rozmezí 10-25 μm .

V textilní praxi se pro vyjádření tloušťky vláken standardně používá jemnost (měrná lineární hmotnost) (jednotky [tex]). Jemnost T je definována jako hmotnost vlákna m[g] na jednotku jeho délky l (v jednotkách [tex] to jsou gramy na 1 km). Obecně tedy platí, že

$$T = \frac{m}{l} = \frac{l * S * \rho}{l} = S * \rho \quad (7)$$

Kde S je plocha příčného řezu a ρ je měrná hmotnost (hustota) vlákna.

Délka vláken rozhoduje o zpracovatelnosti a využití pevnosti vláken v pevnosti příze. Při použití vláken v kompozitních strukturách se definuje tzv. kritická délka jako délka vlákna v matrici, kdy je v rovnováze síla potřebná k udržení vlákna v matrici $F_s = A_i * \tau$ (8) se silou potřebnou k přetrhu vlákna $F_v = A_v * \sigma_v$ (9), kde A_i resp. A_v je plocha styku vlákna s matricí resp. plocha příčného řezu vlákna, τ je smykové napětí mezi vláknem a matricí a σ_v je pevnost vlákna. Při kritické délce vlákna je stejná pravděpodobnost přetrhu vlákna jako jeho vytažení z matrice. Pro kruhová vlákna o poloměru r je kritická délka rovna

$$L_c = \frac{r * \sigma_v}{2 * \tau} \quad (10)$$

Pro vlákna delší než L_c dojde spíše k jejich přetrhu a je tedy optimálně využita jejich pevnost. Krátká vlákna v přízi tedy budou spíše prokluzovat a nepřenášet napětí, což povede ke snížení pevnosti příze. S ohledem na spřadatelnost a využití pevnosti vláken je kritická délka kolem 10 mm.

3.1.5 Mechanické vlastnosti

Mechanické vlastnosti [1] svědčí o kvalitě vláken zejména pro technické účely, kde se obvykle vyžaduje odolnost vůči tahovým deformacím resp. komplexním deformacím zahrnujícím i tah. Mechanické charakteristiky jsou závislé na chemickém složení vláken, molekulové hmotnosti polymerních řetězců a podmínkách zvláknování

resp. fixace. Většinou se měří odezva na vnější síly resp. deformace ve zvoleném způsobu namáhání. Volí se buď jednoosé namáhání (tah, tlak) nebo víceosé namáhání (krut, ohyb). S ohledem na opakování se rozlišuje namáhání prosté a cyklické a s ohledem na čas jde o statické, časově závislé (relaxace napětí, creep) a dynamické namáhání. Záleží na tom, zda jde o namáhání do přetrhu (ultimativní) nebo v oblastech kdy nedochází k porušení vláken. Existuje tedy velké spektrum různých způsobů namáhání, které poskytují různé informace o mechanických projevech vláken. Zpracování a interpretace mechanických experimentů vyžaduje tvorbu modelů charakterizujících minimálně souvislosti mezi deformací, napětím a časem, případně teplotou.

Deformační vlastnosti:

Deformace [5] je změna tvaru tělesa způsobená vnějšími silami. Jevy, které pozorujeme při působení vnějších sil na textilní vlákno charakterizují tzv. mechanické vlastnosti vláken.

Je to především deformace vláken, přízí nebo hotových výrobků tahem, ohybem, zákrutem atd.

Mechanické vlastnosti vláken jsou důležitým ukazatelem, neboť podle nich se hodnotí jejich užitkové vlastnosti – pevnost, tažnost, pružnost, měkkost, plastičnost, křehkost, pevnost v rázu, houževnatost, ohebnost apod.

Při sledování těchto vlastností zůstávají podmínky, ve kterých je vlákno pozorováno, konstantní – např. teplota a relativní vlhkost okolí, chemické složení a optické vlivy okolí – některé tyto podmínky mohou mít podstatný vliv na mechanické vlastnosti vláken.

Při pružné deformaci platí Hookův zákon – zatížení je úměrné dloužení. Od určité meze, označované jako mez pružnosti, začíná povolovat soudržnost hmoty. Což se projeví tím, že další deformaci klade vlákno již menší odpor a někdy se napnutí i sníží. Při určité deformaci se zatížení uvolní přetržením vlákna. Rychlost deformace se měří dobou potřebnou k přetrhu.

Pevnost:

Pevnost [5] je jednou ze základních vlastností vláken. Rozeznáváme různé druhy – pevnost v tahu, ohybu, krutu, oděru atd.

Není-li pevnost blíže označená, rozumí se tím pevnost v tahu – síla potřebná k přetržení materiálu. Vyjadřuje se v N, mN, cN, případně se udává měrná (specifická) pevnost v N/mm^2 , nebo cN/dtex. Také se vyjadřuje tzv. trhací délkou, což je délka v km, při které se vlákno přetrhne vlastní vahou. U nekonečných vláken se udává často pevnost ve smyčce nebo uzlu. Pevnost ve smyčce se udává přímo v cN/dtex, nebo v % dvojnásobné pevnosti v tahu (relativní pevnost ve smyčce). Je zpravidla nižší než pevnost v tahu a ukazuje, jak je vlákno ohebné nebo křehké. Pevnost v uzlu se obvykle udává v cN/dtex.

Tažnost:

Při zatížení [5] vzniká ve vláknech vnitřní napnutí, které má za následek změnu jeho délky. Protažení je změna délky při určitém zatížení – její velikost vyjadřuje citlivost materiálu vůči zatížení. Závislost protažení na zatížení se zjišťuje na trhacím přístroji. Vznikne trhací pracovní křivka, která má pro každý druh materiálu charakteristický průběh.

Pružnost:

Elastické vlastnosti [5] patří u vlákenných surovin k nejcennějším. Vláknem s velkou hodnotou pružnosti má velký význam pro užitkové vlastnosti textilií. Rozeznáváme elastické vlastnosti vláken v tahu, ohybu, tlaku apod. Pružnost je vlastnost materiálu, která způsobuje, že se materiál po odstranění zatížení snaží zaujmout původní tvar.

Pružnost v tahu má význam pro zpracování vláken nebo přízí. Z hlediska užitkových vlastností textilních výrobků má větší význam hodnota pružnosti, určená při opakovaném namáhání.

Vlákno se jeho tahem deformuje po délce. Když pomine tah, projeví se nejprve elastické vlastnosti vlákna – tzv. okamžité elastické protažení – je to část deformace, která prakticky zmizí ihned po uvolnění zatížení, které deformaci způsobilo.

Druhá část elastického protažení je tzv. elastické protažení závislé na čase – tato deformace po odstranění zatížení postupně mizí – dopružování, zotavení, vysoce elastická deformace, sekundární elastické protažení, elastická hystereze.

Při trvalém zatížení zůstává vlákno, i když na něj přestane působit vnější zatížení, protažené nad původní délku – protažení stálé, plastické, nevratné, ireverzibilní, zbytkové....

Celkové protažení je součet elastického a trvalého protažení.

4. Experimentální část

Cílem bylo zkoumat vybrané mechanické vlastnosti elastanových vláken a to pevnost (síla potřebná k přetržení materiálu), tažnost (změna délky materiálu při přetrhu), pružnost (změna délky materiálu při určitém zatížení).

Postup byl následující:

4.1 Příprava vzorku

Zjištění jemnosti materiálu:

Od každého druhu Elastanu bylo 5x naváženo určité délkové množství a to 100 m.

Z pěti hodnot jemnosti byla určena výsledná jemnost Elastanu průměrem (viz.vypočítané hodnoty).

- E1 = 53, 214 Tex
- E2 = 23, 098 Tex
- E3 = 89, 054 Tex
- E4 = 42, 124 Tex

Mikroskopické pohledy:

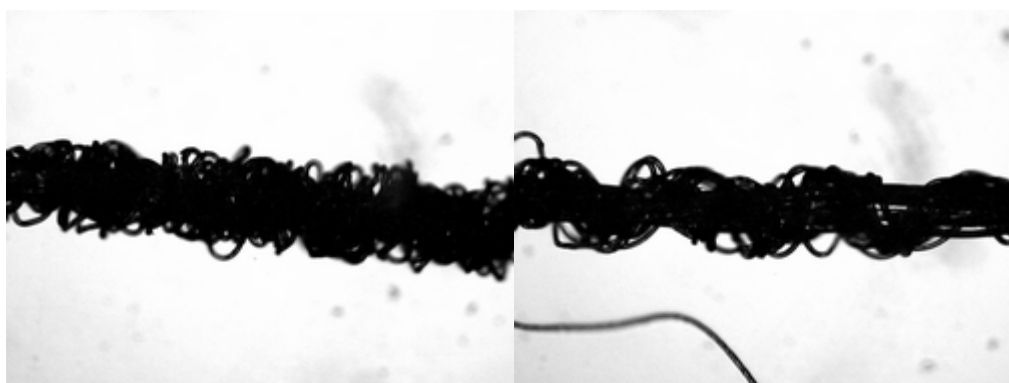
Od každé příze byl zaznamenán mikroskopický pohled před a po deformaci (viz. Obr.3 ,4 ,5, 6).

Příze byla sledována nejprve před deformací a to v klidném stavu, poté po přetrhu na stroji Instron.

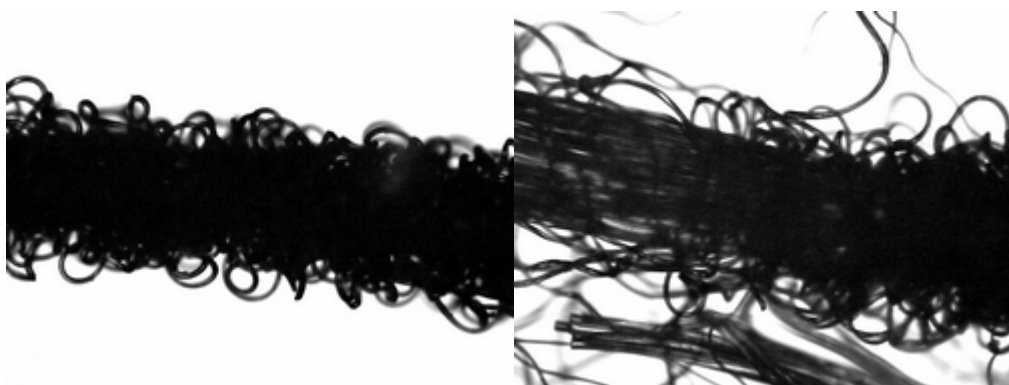
Z obrázků je zřejmé, že poškození příze E4 není tolik razantní, jako např. u příze E1.



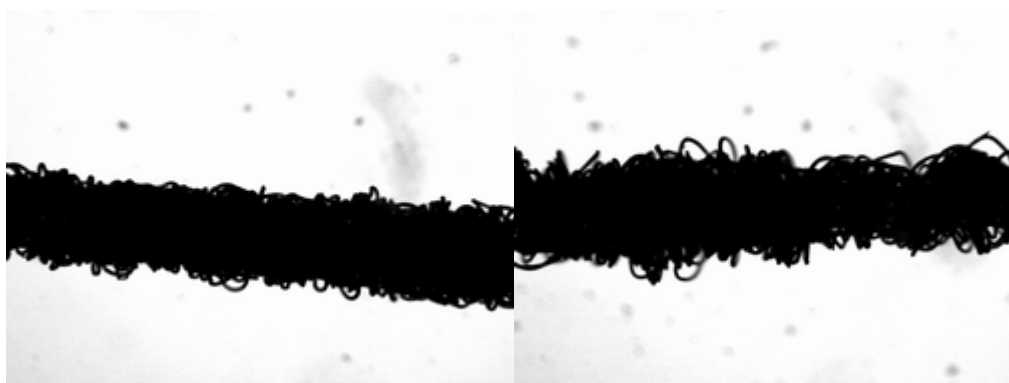
Obr. 4 Pohled na přízi E2



Obr.5 Pohled na přízi E3



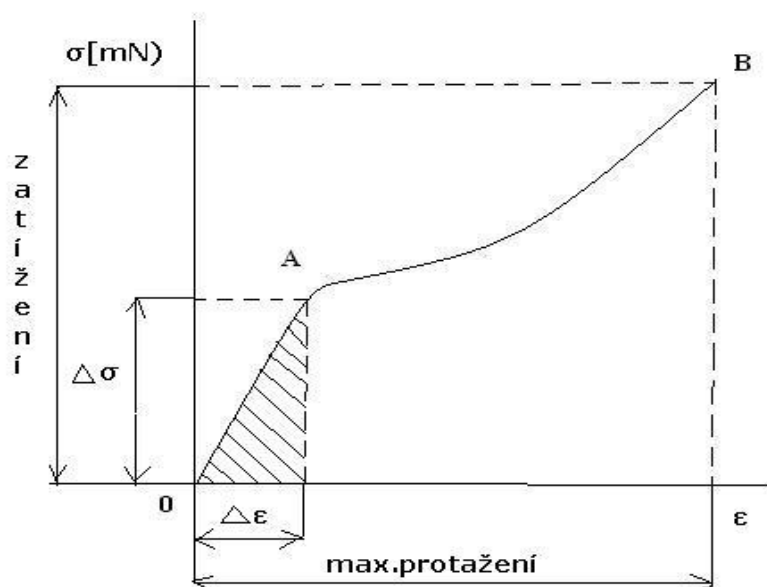
Obr. 6 Pohled na přízi E4



4.2 Měření

Byla provedena tahová zkouška [8] pro stanovení pevnosti, tažnosti, pružnosti. Materiál byl namáhán silou tak, že došlo k jeho přetržení. Na vlákno působila postupně rostoucí síla, docházelo k prodloužení vlákna až do konečného přetrhu. Průběh zkoušky charakterizuje tahová křivka, která zobrazuje závislost působícího napětí na deformaci. Z grafu vyplývá, že při zatěžování od nuly se do určité meze mění deformace lineárně. Tato mez se označuje jako mez úměrnosti a je to oblast platnosti Hookova zákona. Za mezí úměrnosti dochází ke zrychlení deformace, vztah mezi napětím a deformací již není lineární. Přesto až do meze pružnosti je deformace elastická, tj. po odeznění působení napětí se deformace vrátí až k nulové hodnotě. Za mezí pružnosti dochází k trvalé, nevratné deformaci (oblast plastické deformace).

Obr.7 Tahová křivka vlákna



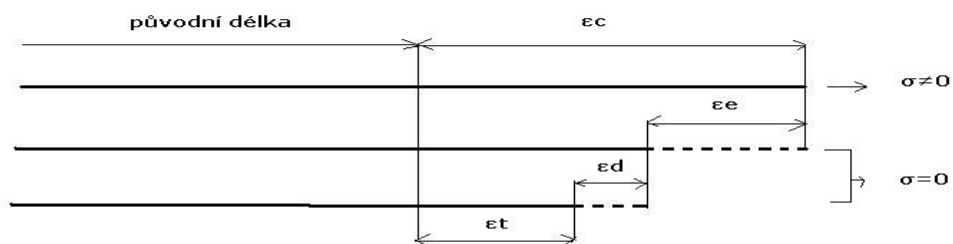
Protažení:

Elastické – část deformace, která prakticky zmizí ihned po uvolnění zatížení

Dopružování – deformace po odstranění zatížení postupně mizí, zotavení materiálu

Trvalé – vlákno zůstává protažené na původní délku i po odstranění vnějšího zatížení

Obr. 8 Druhy protažení



ϵ_c je celkové protažení, tj. změna délky (v % původní délky) vzniklá působením vnější síly.

ϵ_eje elastické protažení okamžité. Je to ta část celkového protažení, o kterou se materiál po přerušení působení vnější síly ihned vrátí.

ϵ_dje dopružování, tj. elastické protažení závislé na čase (část celkového protažení, o kterou se materiál po určité době vrátí).

ϵ_tje trvalé protažení, tj. část celkového protažení, o kterou zůstane materiál stále prodloužen.

4.2.1 Pevnost, tažnost:

Použité zařízení:

Universální trhací stroj Instron 4410

Nastavené parametry:

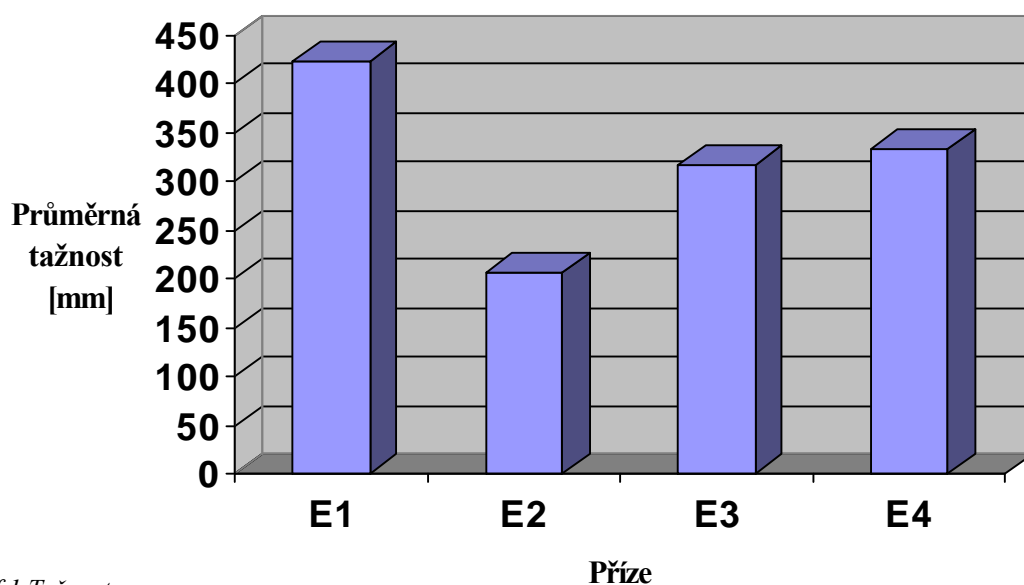
- upínací délka 50 mm
- rychlost 500 mm/min
- předpětí 20 cN

Od každého Elastanu bylo testováno 50 vzorků.

Postup řešení:

Materiál byl upnut do čelistí stroje a následně namáhán až do přetrhu.

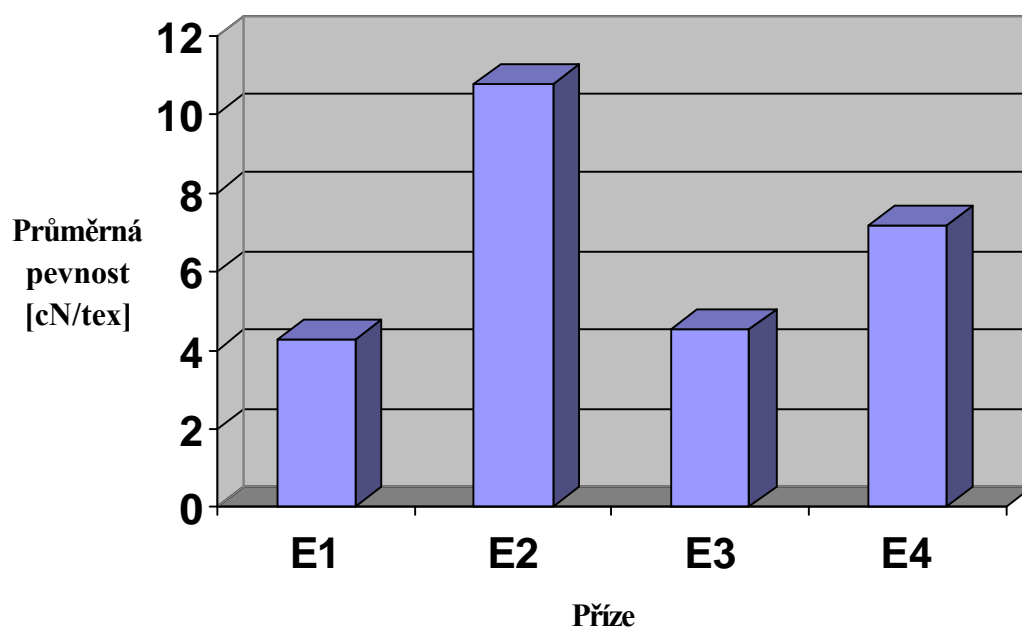
Druh příze	E1	E2	E3	E4
Průměrná tažnost [mm]	422,7	207	318	333,3



Graf 1 Tažnost

TAB 8 Pevnost [cN/tex]

Druh příze	E1	E2	E3	E4
Průměrná pevnost[cN/tex]	4,258	10,746	4,534	7,162



Graf 2 Pevnost

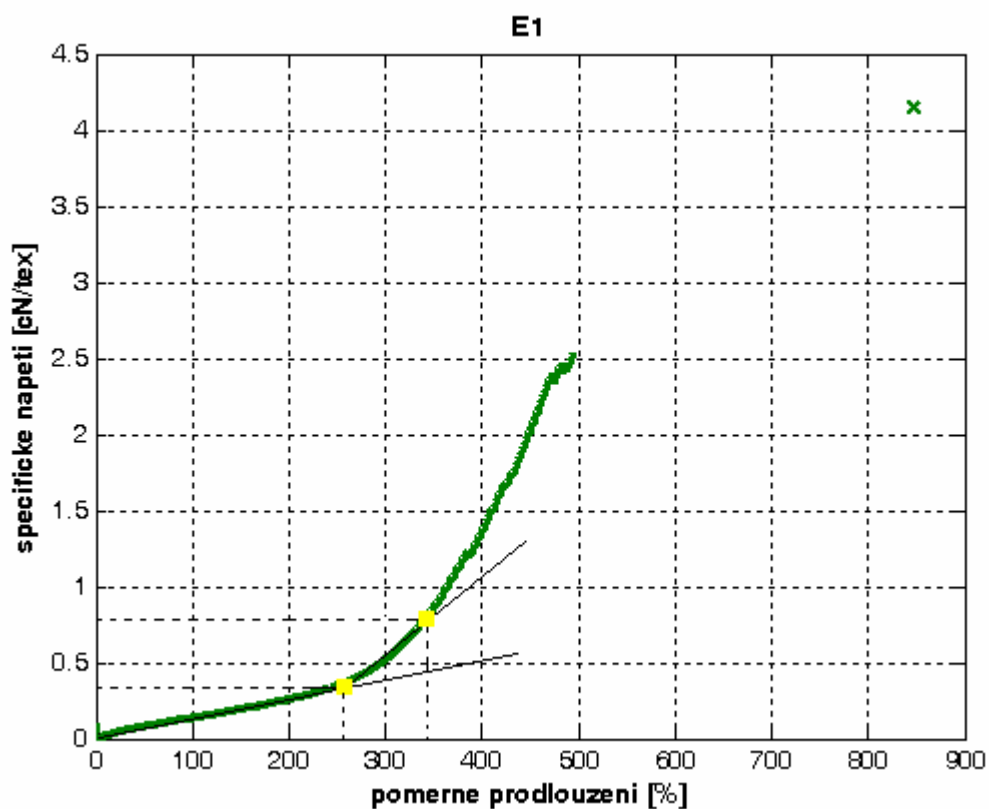
í uvedeny průměrné pracovní křivky všech Elastanů.
 Body vratné a trvalé deformace byly získány pomocí tečen ke křivce a číselné hodnoty

poté pomocí kolmice k ose x a y (viz. TAB 10). Bod trvalé deformace můžeme nazvat také jako maximální specifické napětí, což je napětí, do kterého nedojde k narušení příze.

TAB 10 Deformace

Vratná deformace				
Druh příze	E1	E2	E3	E4
Specifické napětí [cN/tex]	0,4	0,8	0,4	0,7
Poměrné prodloužení [%]	255	165	320	245
Trvalá deformace				
Specifické napětí [cN/tex]	0,8	1,8	0,9	1,4
Poměrné prodloužení [%]	340	220	410	335

Graf 3 Pracovní křivka příze E1



Žlutou barvou jsou vyznačeny body vratné a trvalé deformace. Hodnoty viz. TAB 10. Počáteční modul pružnosti v tahu E je definován jako derivace pracovního diagramu v počátku. Jde o směrnici tečny v počátku k pracovnímu diagramu příze.

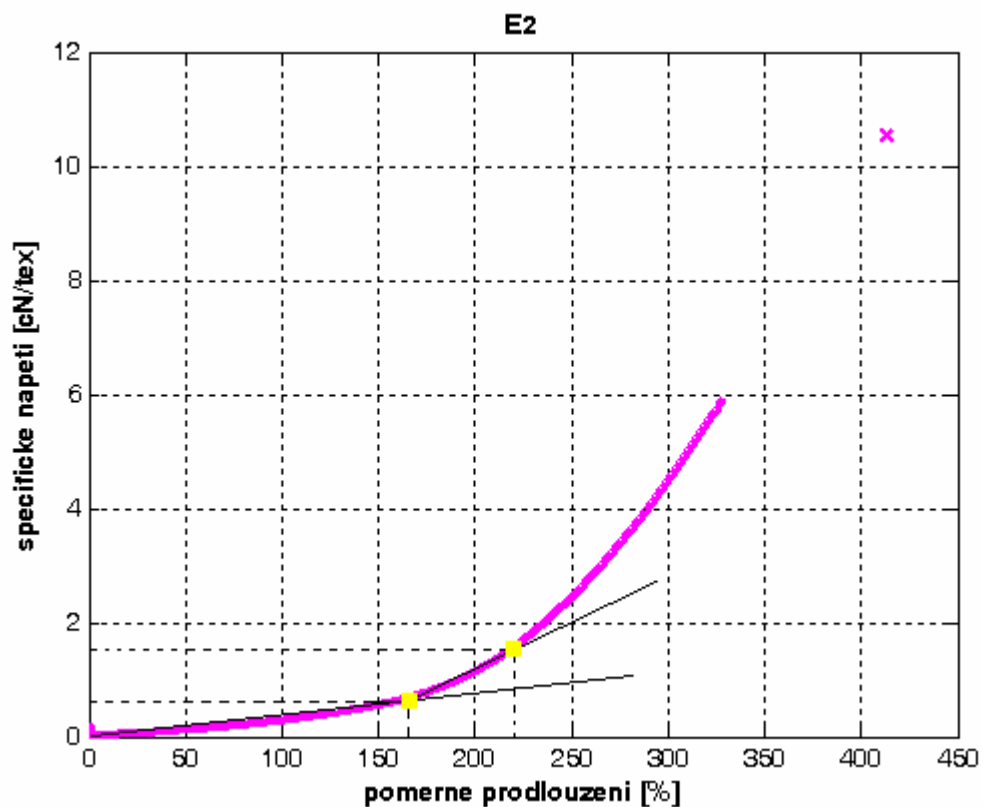
$$E = \operatorname{tg} \alpha = \frac{0,4}{255} = 0,0015 \text{ MPa} \quad (11)$$

Jemnost:

$$T = 53,214 \text{ tex}$$

Při tahové zkoušce docházelo k přetrhu opředů příze na 3 - 5 místech. Elastan se dále napínal a k přetrhu celé příze došlo cca po 6 sec.

Graf 4 Pracovní křivka příze E2



Žlutou barvou jsou vyznačeny body vratné a trvalé deformace. Hodnoty viz. TAB 10.

Počáteční modul pružnosti:

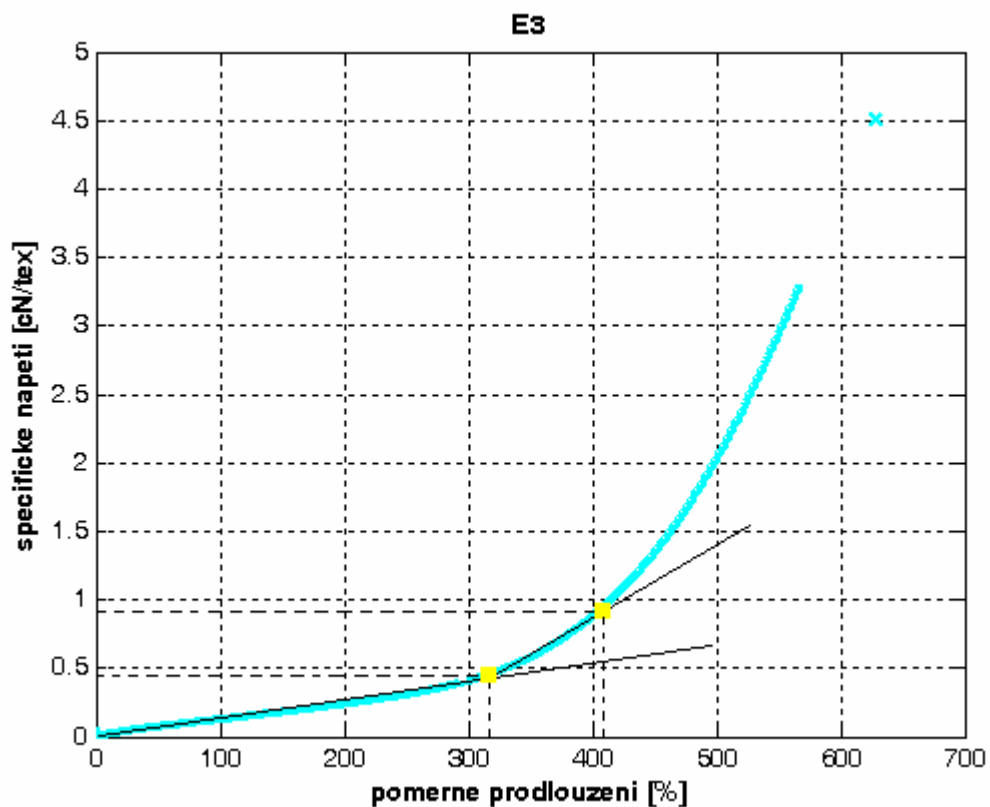
$$E = \operatorname{tg} \alpha = \frac{0,8}{165} = 0,0048 \text{ MPa} \quad (12)$$

Jemnost:

$$T = 23,098 \text{ tex}$$

Při tahové zkoušce docházelo k přetrhu opředů na jednom místě, následně se přetrhla celá příze.

Graf 5 Pracovní křivka příze E3



Žlutou barvou jsou vyznačeny body vratné a trvalé deformace. Hodnoty viz. TAB 10.

Počáteční modul pružnosti:

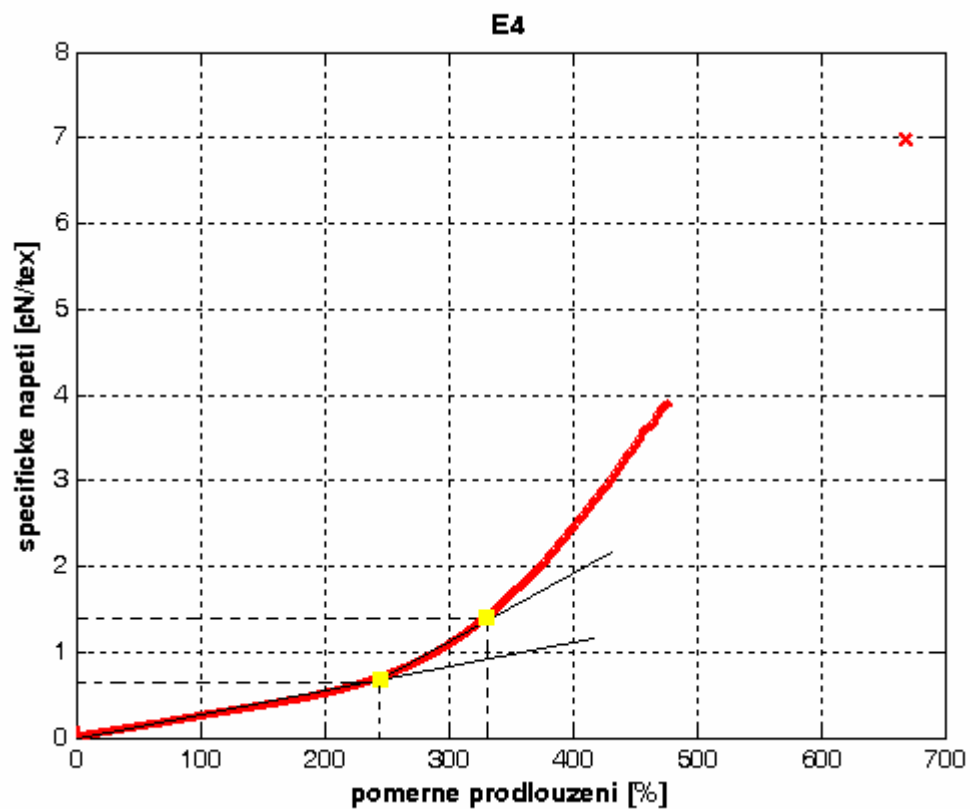
$$E = \operatorname{tg} \alpha = \frac{0,4}{320} = 0,0012 \text{ MPa} \quad (13)$$

Jemnost:

$$T = 89,054 \text{ tex}$$

Při tahové zkoušce docházelo nejednou k přetrhu celé příze i opředů.

Graf 6 Pracovní křivka příze E4



Žlutou barvou jsou vyznačeny body vratné a trvalé deformace. Hodnoty viz. TAB 10.

Počáteční modul pružnosti:

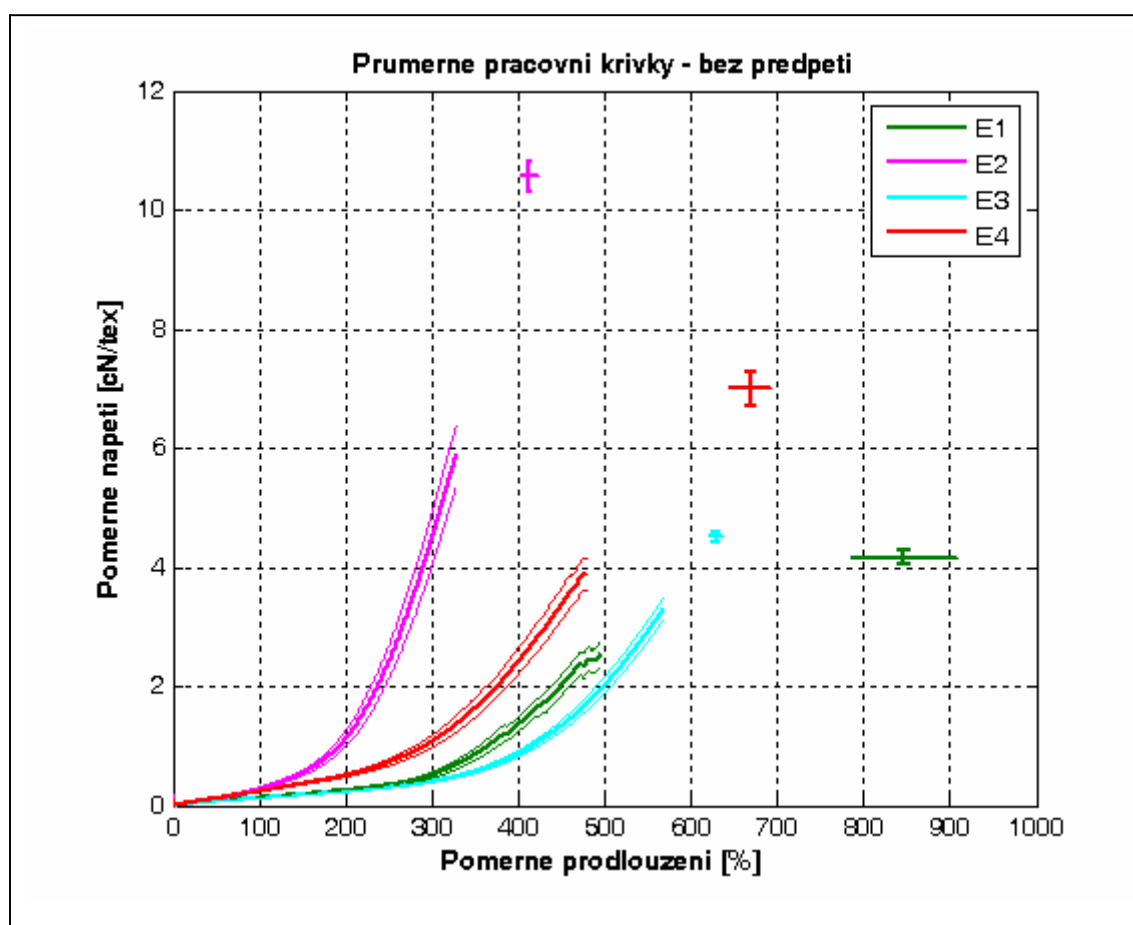
$$E = \operatorname{tg} \alpha = \frac{0,7}{245} = 0,0029 \text{ MPa} \quad (14)$$

Jemnost:

$$T = 42,124 \text{ tex}$$

Při tahové zkoušce bylo ověřeno, že tato příze byla nejvíce přetrhovává. Nejprve přetrh opředů na 5 - 8 místech, následně přetrh celé příze.

Graf 7 Průměrné pracovní křivky



Tato průměrná pracovní křivka porovnává všechny čtyři příze. Zobrazuje intervaly spolehlivosti. Je zde patrné, že u příze E3 došlo k největšímu prodloužení a u příze E2 je potřeba nejvyššího napětí pro přetrh.

Nejvyšší modul pružnosti byl naměřen u příze E2.

Nejvíce přetrhová byla příze E4, čímž se snižují vlastnosti KEP.

4.2.2 Cyklické namáhání:

Použité zařízení:

Trhacím přístroj Instron 4410

Nastavené parametry:

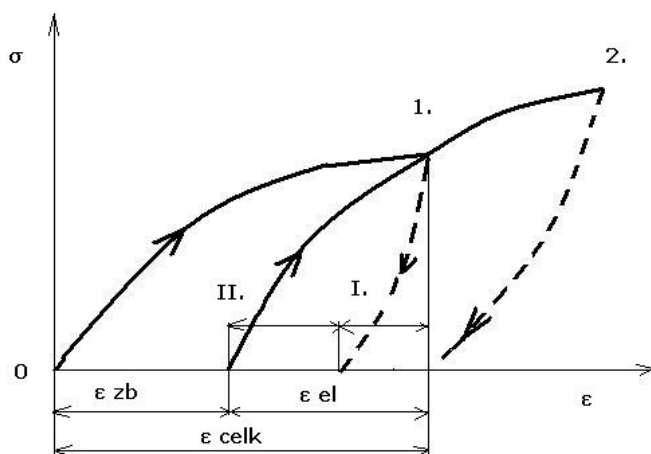
- upínací délka 50 mm
- rychlost 500 mm/min
- předpětí 20 cN
- prodloužení 30 % (při nastavení 15 % se opředy při posledním cyklu přethaly)
- doba relaxace 30 sec.
- síla 2 N

Od každého Elastanu bylo testováno 10 vzorků.

Postup měření:

Při měření se vycházelo z parametrů určených při stanovení pevnosti a tažnosti. Z průměrné tažnosti každého elastanu bylo vypočítáno 30% z celkové hodnoty (viz. vypočítané hodnoty) a výsledná hodnota byla nastavena na stoji Instron. Materiál byl upnut do čelistí stroje a namáhán v deseti cyklech.

Obr. 6 Cyklické namáhání



ϵ_{el} I..... primární elastické protažení.

ϵ_{el} II.....dopružování, zotavení, vysoce elastická deformace, sekundární elastické protažení, elastická hystereze.

ϵ_{zb}stálé, plastické, nevratné, zbytkové protažení.

ϵ_{celk}součet elastického a trvalého protažení

TAB 11 Naměřené hodnoty cyklu E1

Prodloužení [mm]	Síla [N]
0	0,048
153,1013	0,384
153,1368	0,384
-20,3165	0
0	0,4
193,4657	0,765
193,5209	0,77
-17,847	0
0	0,035
218,7771	1,149
218,8259	1,154
-14,6069	0
0	0,03
335,1341	1,323
335,1785	1,323
-46,1949	0
0	0,011
379,5757	1,689
379,6201	1,691
-50,4635	-0,819

Zbytkové protažení:

$$\epsilon = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{379,6201 - 50}{50} = 6,6mm \quad (15)$$

Příže zůstala trvale prodloužena o 6,6 mm.

TAB 12 Naměřené hodnoty cyklu E2

Prodloužení	Síla [N]
-------------	----------

[mm]	
0	0,043
151,8436	0,36
151,8791	0,357
-50,7235	-0,255
0	0,04
183,6504	0,733
183,6993	0,736
-50,5513	-0,773
0	0,04
204,6002	1,098
204,5957	1,09
-50,5046	-0,709
0	0,038
222,8212	1,471
222,8612	1,476
-50,5679	-0,73
0	0,038
241,3534	1,828
241,4023	1,834
-50,3768	-0,207

Zbytkové protažení:

$$\varepsilon = \frac{241,4023 - 50}{50} = 3,8mm$$

Příze zůstala trvale prodloužena o 3,8 mm.

TAB 13 Naměřené hodnoty cyklu E3

Prodloužení [mm]	Síla [N]
0	0,035
251,6861	0,558
251,7216	0,561
-2,23	0
0	0,016
310,469	1,119
310,5134	1,122
-49,1747	-0,011
0	0,003
342,5647	1,686
342,618	1,683
-49,5569	-0,142
0	0,005
365,7454	2,244
365,781	2,244
-49,3736	-0,078
0	0,008
386,793	2,808
386,8463	2,816
-49,5102	-0,107

Zbytkové protažení:

$$\varepsilon = \frac{386,8463 - 50}{50} = 6,7 \text{ mm}$$

Příze zůstala trvale prodloužena o 6,7 mm.

TAB 14 Naměřené hodnoty cyklu E4

Prodloužení [mm]	Síla [N]
0	0,067
198,8672	0,424
198,8761	0,421
-49,1569	-0,019
0	0,048
260,6011	0,835
260,21	0,835
-49,488	-0,083
0	0,038
296,2388	1,262
296,2921	1,251
-49,2536	0,067
0	0,032
325,7835	1,646
325,828	1,646
-49,2913	-0,067
0	0,035
355,9149	1,989
355,9594	1,989
-49,5624	-0,118

Zbytkové protažení:

$$\varepsilon = \frac{355,9594 - 50}{50} = 6,1mm$$

Příže zůstala trvale prodloužena o 6,1 mm.

Shrnutí výsledků:

Docházelo k trvalé deformaci materiálu. Přetrh nenastal. Doba relaxace byla stanovena na 30 sec na začátku i konci každého cyklu. Nastalo trvalé, nevratné protažení přízí.

Bylo vyhodnoceno ϵ_{zb} od každé příze a to:

$$\epsilon_{zb} E1 = 6,6 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{zb} E2 = 3,8 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{zb} E3 = 6,7 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{zb} E4 = 6,1 \text{ mm}$$

Z výsledků je patrné, že nejvíce trvale protažena byla příze E1.

4.2.3 Simulace oblékání kompresní punčochy

Použité zařízení:

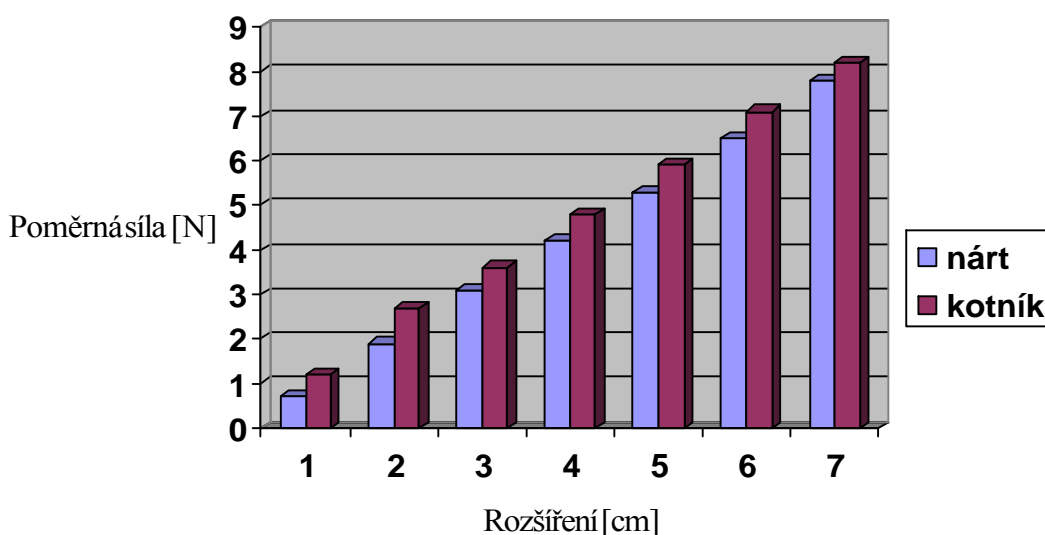
Siloměr s maximální hodnotou 10 N

Postup řešení:

KEP byla na jedné straně upevněna k podložce s měřítkem a na druhé straně smyčkou uvázána k siloměru. Provedeno 7 měření v oblasti nártu a v oblasti kotníku. Byla měřena síla potřebná k roztažení punčochy o 1cm, 2cm, 3cm, 4cm, 5cm, 6cm, 7cm z původního obvodu KEP 14 cm.

TAB 15 Simulace oblékání kompresní punčochy

Rozšíření [cm]	1	2	3	4	5	6	7
Poměrná síla v nártu [N]	0,7	1,9	3,1	4,2	5,3	6,5	7,8
Poměrná síla v kotníku [N]	1,2	2,7	3,6	4,8	5,9	7,1	8,2



Graf 4 Simulace

Shrnutí výsledků:

Původní obvod 14 cm se po zatěžování nezměnil, nebylo provedeno opakované namáhání, ale pouze orientační měření síly potřebné k roztažení kompresní punčochy o určitou délku (viz. TAB 15).

5. Závěr

V úvodu práce je stručně popsána historie používání kompresních elastických punčoch při léčbě chronického žilního onemocnění. Je zde zmíněna i Jakostní jistina RAL – GZ 387, kterou se evropští výrobci KEP dodnes řídí. Ze současnosti je uvedena zmínka o speciálním vlákně LYCRA s vylepšenými elastickými vlastnostmi.

Cílem práce bylo zkoumat vybrané mechanické vlastnosti elasthanových nití užívaných v konstrukci kompresních elastických punčoch a to pevnost, tažnost, pružnost.

V teoretické části jsou popsány obecné informace o problematice kompresní terapie, vlastnosti kompresních punčochových výrobků, výroba KEP. Dále jsou zde uvedeny základní užité vlastnosti vláken, také jejich geometrické a deformační vlastnosti.

Experimentální část zahrnuje přípravu vzorků pro měření, tj. stanovení jemnosti, mikroskopické pohledy příze před a po deformaci, vyhodnocování deformačních vlastností a dosažené výsledky.

Cílem práce bylo ověřit, zda trvanlivost kompresních punčoch může být 2 roky. Bylo zjištěno, že vlastnosti KEP se snižují již při prvním navlečení na končetinu. Trvanlivost KEP je podle názoru lékařů dána převážně jejich aplikací uživatelem. Elastan se často vydrolí z oblastí více namáhaných míst. Z dosažených výsledků presentovaných v diplomových pracích vyplývá, že namáhání nitě v očku je opakované a dlouhodobé, čímž dochází ke strukturální změně nití i pleteniny.

Byla provedena simulace oblékání KEP, kdy byla měřena síla potřebná k roztážení punčochy o určitý délkový rozměr (viz. TAB 15). Z výsledků bylo zjištěno, že uživatel musí KEP roztáhnout na dvojnásobek původního obvodu, aby ji mohl bez problému obléknout. Původní obvod 14 cm byl roztážen na dvojnásobek za působení poměrné síly 16 N. Z výsledků např. příze E2 bylo zjištěno, že již při působení síly 0,426 N (1,8cN/tex) (viz. TAB 10) dochází k trvalé deformaci příze, čímž se snižuje i užitečná vlastnost KEP.

Při zkoušce pro stanovení pevnosti a tažnosti bylo zjištěno, že dochází k trvalé deformaci příze E1 při napětí 0,8 cN/tex, E2 při napětí 1,8 cN/tex, E3 při napětí 0,9 cN/tex a E4 při napětí 1,4 cN/tex.

Pro stanovení pružnosti bylo provedeno cyklické namáhání, které simulovalo opakované navlékání a svlékání KEP. Byla ověřena trvalá deformace a nevratné, zbytkové prodloužení příze při opakovaném namáhání.

Po shrnutí výsledků bylo ověřeno, že trvanlivost kompresních punčoch se snižuje při opakované aplikaci KEP na končetinu.

V přílohách jsou uvedeny naměřené hodnoty na stroji Instron, které mohou sloužit k dalšímu využívání.

Seznam použité literatury

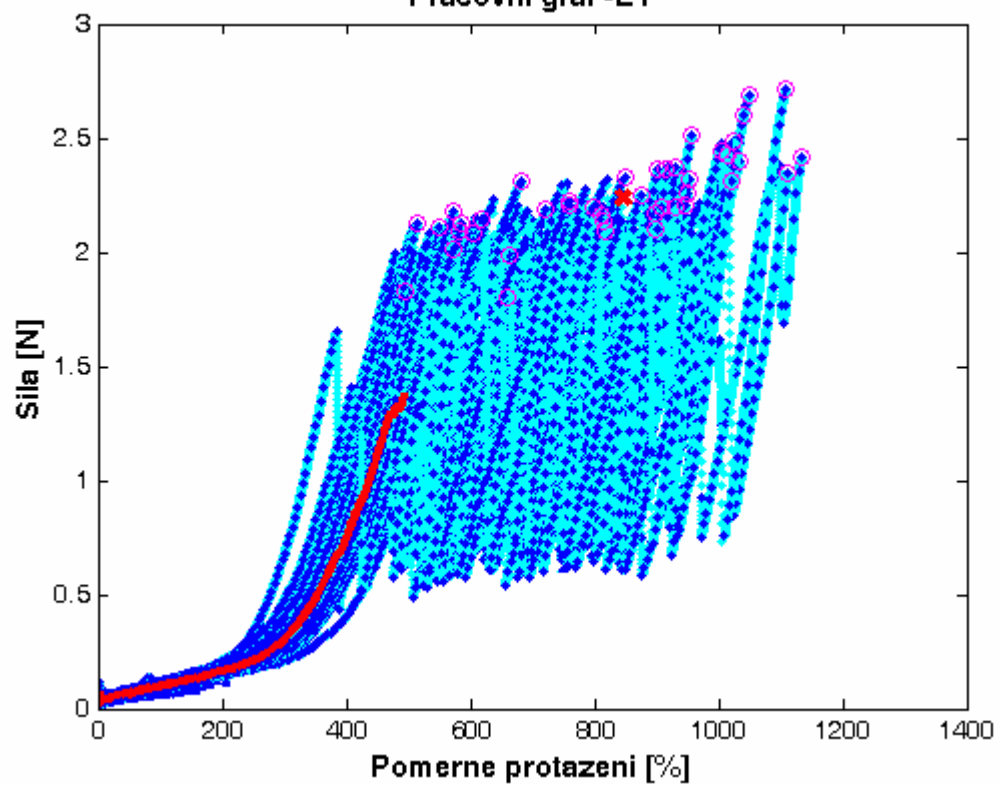
- [1] Militký, J.:Textilní vlákna. TU v Liberci, 2002
- [2] Kovář, R.:Pletení. TU v Liberci, 2001
- [3] Pajkošová, A.:Vplyv syntetické zložky punčochových pletiarских výrobků na ich fyziologicko-hygienické vlastnosti. DP, TU v Liberci 1999.
- [4] Bláhová, M.:Užitné vlastnosti kompresních punčoch. DP, TU v Liberci, 2005.
- [5] Simon, J.:Základy textilního a oděvního inženýrství. TU v Libereci 1977
- [6] Hlavová, M.:Struktura zátažné jednolící elasticke pleteniny a její vlastnosti při použití v kompresní terapii. DP, TU v Liberci 2004.
- [7] RAL – GZ 387:Medizimische Kompressionsstrumpfe Gutesicherung. 1987
- [8] (800200) ČSN EN ISO 5079: Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých vláken při pretrhu

Seznam webových stránek

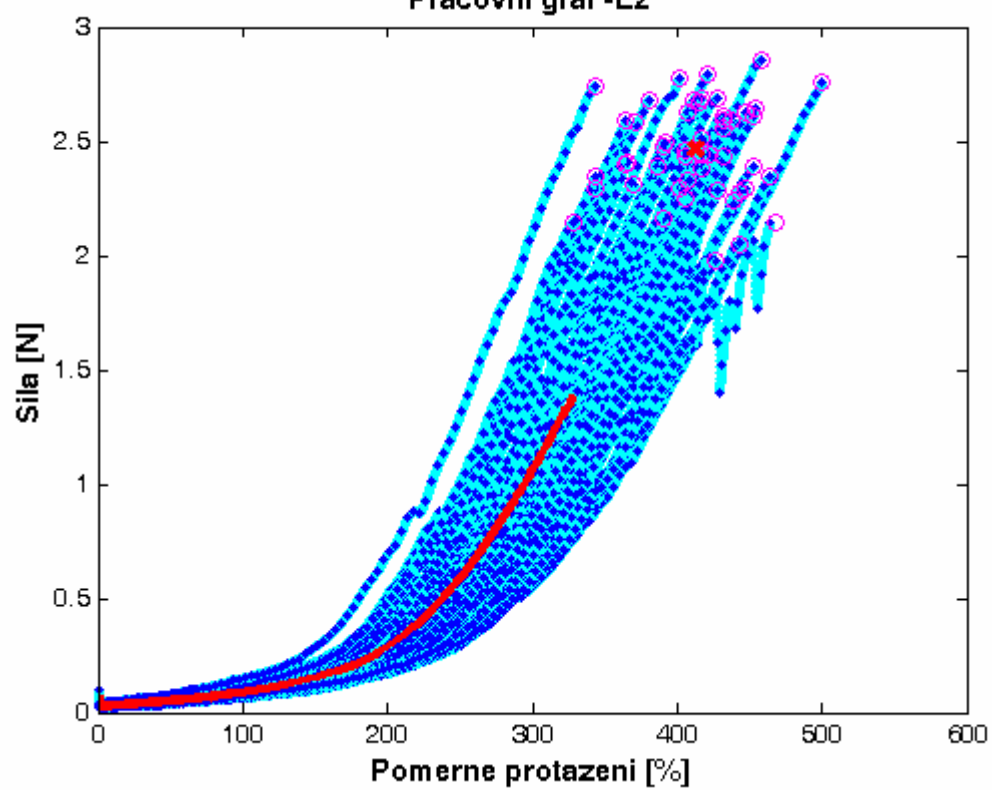
- [9] <http://www.Nystar.com>
- [10] <http://www.Dorlastan.com>
- [11] <http://www.maxis-medica.cz>
- [12] <http://www.cs.wikipedia.org>
- [13] <http://www.ft.vslib.cz>
- [14] <http://www.loana.cz>

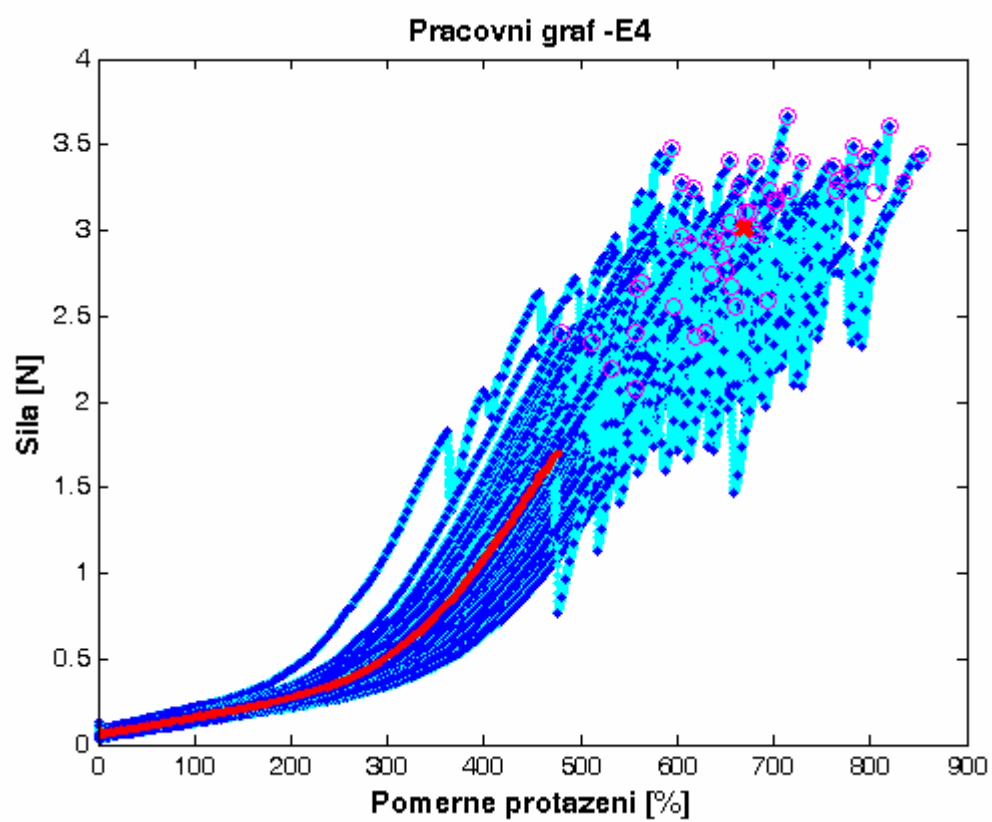
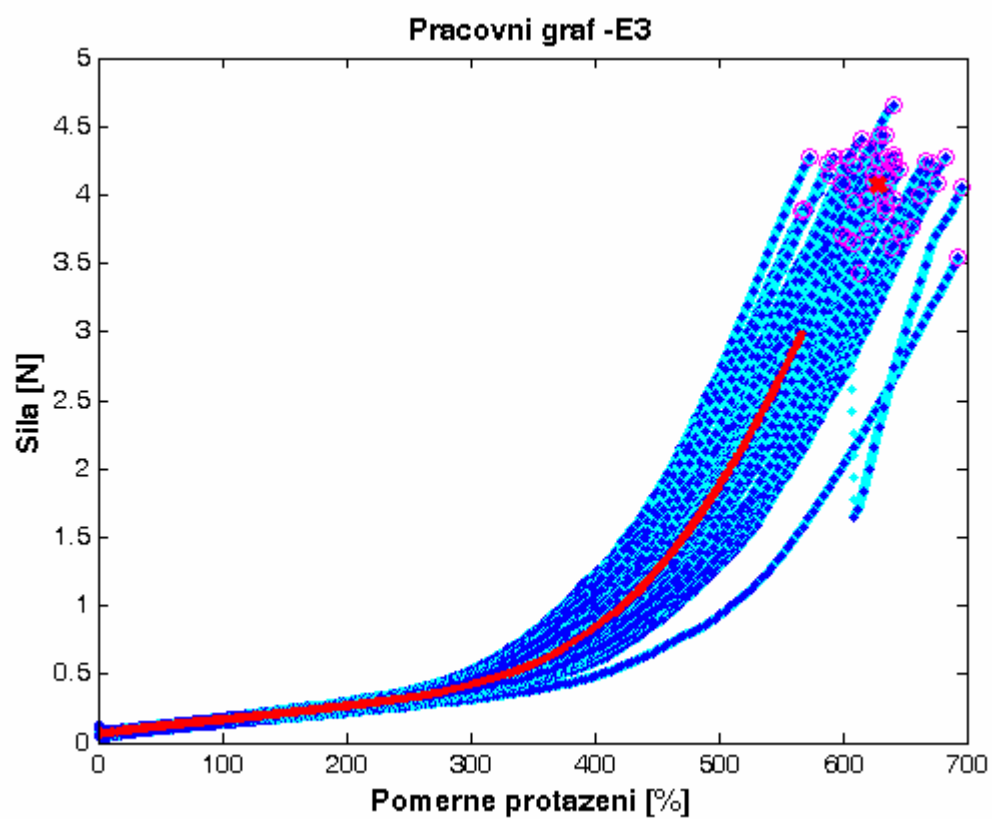
Příloha 1
Pracovní grafy přízí

Pracovní graf -E1



Pracovní graf -E2





Příloha 2
Popis trhacího zařízení a normy

Popis trhačského zařízení:

V textilních laboratořích a zkušebnách lze dnes nalézt nejrůznější typy trhačských zařízení pro tahovou zkoušku. Nejběžnější jsou trhačí stroje s konstantní rychlostí deformace.

Přístroj INSTRON je vybaven mechanicko-elektrickým siloměrem a elektrickým průtahoměrem. Síla je měřena kompenzační teplotou. Přesnost měření síly je proto řádově vyšší a činí $\pm 1\%$ z odečítané hodnoty, přesnost měření protažení je $\pm 0,1\text{ mm}$

Postup při vyhodnocení grafického záznamu z trhačského zařízení:

- grafický výstup obdržíme v souřadnicích síla F – absolutní protažení Δl (nebo doba t) $F = y \cdot K3$
- je-li síla aplikovaná trhačským zařízením kalibrována přímo v N, tj. je-li měření uskutečněno při rozsahu síly $C(N)$, pak $K3 = C/B$
- pro vzájemné porovnání vlastností materiálů mají význam pouze poměrné veličiny, eliminující vliv rozdílné velikosti průřezu vláken, proto sílu F a protažení Δl převádíme na napětí $\sigma = F/S$ a relativní deformaci $\epsilon = \Delta l/l$
- rychlost pohybu čelistí přístroje v_p (mm/min) není totožné s rychlostí deformace materiálu. Konstantní rychlost pohybu čelisti je technický parametr přístroje. Rychlost deformace je veličinou fyzikální, neboť popisuje rychlost deformačních dějů probíhajících uvnitř zkoušeného materiálu a závisí proto na upínací délce materiálu.

Přístroj je určen k zjišťování mechanických vlastností délkových a plošných textilií. Lze realizovat jednoosé namáhání tlakem, tahem a ohybem.

Nadstandardní zkoušky:

- o Simulace pevnosti na různých upínacích délkách.
Model je založen na principu pevnosti nejslabšího článku, kde pevnost základního článku je určena experimentálně. Měří se pevnost příze na standardních a krátkých upínacích délkách (0-35 cm). Počítačovou simulací se generuje pevnost příze na libovolně větších upínacích délkách. Metoda je vhodná pro všechny druhy přízí bez ohledu na použitou technologii výroby, surovinu a strukturu.

Pro měření na krátkých upínacích délkách je přístroj vybaven automatem pro podávání a upínání přízí.

- Rozbor tahových křivek (moduly, energie,..)
- Stlačování netkaných textilií.
- Měření tření délkových textilií.

Parametry:

- +/-10V neohraničený analogový výstup signálu pro sílu a deformace, pokud jsou příslušné kanály připojeny
- číslicový řídicí systém pohonu příčnicku s možností měnit rychlost
- integrovanou číslicovou regulační smyčku řídicí elektroniky a sběru dat
- display dat - až tři kanály mohou zobrazovat měřené hodnoty v reálném čase
- volitelný systém jednotek - SI, metrické, dle US zvyklostí (dle výběru uživatele)
- měřicí kanály protažení a síly (jeden, další může být přidán)
- zpětný rychloposuv 600 mm/min se zabudovanou zpomalovací funkcí pro přesné polohování příčnicku
- rozsah rychlosti příčnicku 0,5 mm/min až 500 mm/min
- přesné, předepjaté kuličkové šrouby pro vedení pohonu příčnicku
- maximální dráha příčnicku 1067 mm
- šířka pracovního prostoru 250 mm
- max. zatížení 5 kN (500 kg)

Příslušenství ke stroji:

- automatický ventil pro zajištění předpětí pro model 4411
- měřicí hlavy pro stroje typu 4411
- měřicí hlava tah-tlak max. zatížení +/-5 kN 6 mm průměr clevis uchycení
- měřicí hlava tah/tlak max. zatížení +/-100 N 6 mm průměr clevis uchycení
- měřicí hlava tah/tlak max. zatížení +/-5 N 6 mm průměr clevis uchycení
- software pro model 4411
- software Serie IX verze 5 pro monotónní zkoušku tahem, tlakem, ohybem a zkoušku vláken/přízí pro trhací stroje INSTRON a operační systém MS-DOS.
- upínací čelisti pneumatické - přízové a tkaninové
- upínací čelisti mechanické, malé vláknové, velké do 5 kN

- přípravek na automatické upínání přízí
- speciální upínací čelisti kruhové prům. 10 cm na stlačování netkaných textilií

Normy:

ČSN EN ISO 5079 Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých vláken při přetrhu.

ČSN 80 0200 Zjišťování pevnosti v tahu a tažnosti jednotlivých vláken.

ČSN 80 0207 Chemická vlákna. Stříž a kabel. Metoda stanovení pevnosti při přetrhu ve smyčce.

ČSN 80 0235 Textilní materiály. Bavlna. Zjišťování pevnosti plochých svazků.

ČSN 80 0700 Zjišťování pevnosti v tahu a tažnosti jednotlivých nití.

ČSN 80 0810 Zjišťování tržné síly a tažnosti pletenin.

ČSN 80 0812 Plošné textilie. Zjišťování pevnosti v tahu a tažnosti.

ČSN 80 0829 Stanovení pevnosti plošných textilií v dalším trhání.

ČSN 80 0840 Plošné textilie. Stanovení protažení.

ČSN 80 0892 Zjišťování únavy textilních lan po opakovaném působení napínací síly.

ČSN 80 6130 Geotextilie. Zkoušení pevnosti v tahu a tažnosti.

ČSN EN ISO 13934-1 Tahové vlastnosti plošných textilií. Zjišťování maximální síly a tažnosti při maximální síle pomocí metody Strip.

ČSN ISO 1421 Tkaniny povrstvené pryží nebo plasty. Stanovení pevnosti a tažnosti.

ČSN EN 29073-4 Zkušební metody pro Netkané textilie. Zjišťování pevnosti v tahu a tažnosti. Zjišťování pevnosti v dalším trhání.

Poslední kalibrace: **2003**

Příloha 3

Výpočet jemnosti a protažení pro nastavení hodnot pro cyklické namáhání

Výpočet jemnosti:

$$T = \frac{m[g]}{l[km]}$$

E1

$$\frac{5,230}{0,1} = 52,3tex$$

$$\frac{5,354}{0,1} = 53,54tex$$

$$\frac{5,321}{0,1} = 53,21tex$$

$$\frac{5,347}{0,1} = 53,47tex$$

$$\frac{5,355}{0,1} = 53,55tex$$

$$\phi = \frac{266,07}{5} = 53,214tex$$

E2

$$\frac{2,342}{0,1} = 23,42tex$$

$$\frac{2,329}{0,1} = 23,29tex$$

$$\frac{2,314}{0,1} = 23,14tex$$

$$\frac{2,294}{0,1} = 22,94tex$$

$$\frac{2,270}{0,1} = 22,70tex$$

$$\phi = \frac{115,49}{5} = 23,098tex$$

E3

$$\frac{8,995}{0,1} = 89,95tex$$

$$\frac{8,860}{0,1} = 88,60tex$$

$$\frac{8,978}{0,1} = 89,78tex$$

$$\frac{8,801}{0,1} = 88,01tex$$

$$\frac{8,893}{0,1} = 88,93tex$$

$$\phi = \frac{445,27}{5} = 89,054tex$$

E4

$$\frac{4,208}{0,1} = 42,08tex$$

$$\frac{4,214}{0,1} = 42,14tex$$

$$\frac{4,213}{0,1} = 42,13tex$$

$$\frac{4,207}{0,1} = 42,07tex$$

$$\frac{4,220}{0,1} = 42,20tex$$

$$\phi = \frac{210,62}{5} = 42,124tex$$

Výpočet protažení pro nastavení cyklického namáhání:

	E1	E2	E3	E4
ØSíla [N]	2,2658	2,482	4,038	3,017
ØProtažení[mm]	422,7	207	318	333,3

Bylo vypočítáváno 30% z průměrné síly:

E1

$$2,2658 - 0,67974 = 1,58606 : 5 = 0,3172$$

1. cyklus = 0,3172
2. cyklus = 0,634412
3. cyklus = 0,951612
4. cyklus = 1,268812
5. cyklus = 1,586012

E2

$$2,482 - 0,7446 = 1,7374 : 5 = 0,34748$$

1. cyklus = 0,34748
2. cyklus = 0,69496
3. cyklus = 1,04244
4. cyklus = 1,38992
5. cyklus = 1,7374

E3

$$4,038 - 1,2114 = 2,8266 : 5 = 0,56532$$

1. cyklus = 0,56532
2. cyklus = 1,13064
3. cyklus = 1,69596
4. cyklus = 2,26128
5. cyklus = 2,8266

E4

$$3,017 - 0,9051 = 2,1119 : 5 = 0,42238$$

1. cyklus = 0,42238

2. cyklus = 0,84476

3. cyklus = 1,26714

4. cyklus = 1,68952

5. cyklus = 2,1119

Příloha 4
Data z trhacího stroje pro pevnost a tažnost

Identifikace vzorku: E1**Datum testu: 04 Pro 2006**

Celkem 50 mereni, 0 vylouчено.

Poznamky k vzorku: metoda 29, rychlost 500mm/min, upin.delka 50mm

Teleso (ManYoung)	Displcment at	Load at	Displcment at user	Load at user	Energy to Break	Slope Point	Slope (AutYoung)
	Maximum	Maximum	Maximum	Break	Break	(N/mm)	(N/mm)
Cislo	(mm)	(N)	(mm)	(N)	(J)	(N/mm)	(N/mm)
1	680.6000	1.8340	678.900	1.8200	.4248	.0094	.0064
2	477.7000	2.3360	476.400	2.3170	.4339	.0161	.0097
3	568.2000	2.4350	566.900	2.4190	.5641	.0166	.0039
4	508.8000	2.4430	508.000	2.4290	.5037	.0199	.0045
5	476.6000	2.2630	475.700	2.2550	.4341	.0206	.0026
6	519.1000	2.4160	517.400	2.3970	.4674	.0190	.0026
7	362.4000	2.1960	361.200	2.1850	.2505	.0152	.0026
8	466.5000	2.2090	465.700	2.1960	.3835	.0179	.0026
9	556.5000	2.3570	556.000	2.3440	.5352	.0210	.0026
10	408.4000	2.1450	407.900	2.1370	.3167	.0196	.0032
11	568.0000	3.0740	568.400	3.0710	.6375	.0209	.0161
12	437.8000	2.2550	437.400	2.2520	.3911	.0206	.0026
13	409.6000	2.1070	408.400	2.0910	.3508	.0242	-----
14	606.0000	3.2540	604.300	3.2350	.6270	.0162	.0032
15	302.2000	2.0990	301.800	2.0860	.1623	.0195	.0039
16	467.2000	2.4030	465.500	2.3760	.3975	.0206	.0052
17	406.9000	2.1720	405.700	2.1610	.3149	.0205	.0052
18	424.6000	2.3270	424.200	2.3250	.3516	.0207	.0045
19	474.7000	2.2280	473.900	2.2090	.4206	.0198	.0064
20	449.3000	2.1020	449.300	2.1020	.3719	.0188	.0032
21	286.9000	2.0240	286.500	2.0130	.1506	.0325	.0006
22	341.3000	2.3220	340.900	2.3090	.2353	.0186	.0052
23	505.0000	3.3690	504.100	3.3530	.5924	.0233	.0032
24	458.6000	2.3840	456.900	2.3620	.3966	.0289	-----
25	275.8000	2.1290	274.500	2.1130	.1514	.2783	.0026
26	381.9000	2.2280	380.200	2.2070	.2938	.0933	-----
27	288.3000	2.2070	286.700	2.1830	.1648	.0139	-----
28	525.4000	2.6980	524.600	2.6850	.5397	.0211	.0052

29	513.9000	2.5050	512.300	2.4890	.4627	.0211	.0097
30	247.5000	1.8280	247.500	1.8280	.1164	.0208	.0032
31	520.9000	2.6010	520.500	2.6010	.5452	.0205	.0097
32	292.2000	2.1290	292.200	2.1290	.1930	.0195	.0064
33	331.2000	1.8360	329.500	1.8070	.1941	.1765	.0032
34	606.8000	3.5190	605.600	3.5010	.7001	.0126	.0097
35	503.4000	2.4830	501.700	2.4460	.4565	.0201	.0045
36	452.2000	2.3840	451.000	2.3650	.4197	.1342	.0032
37	479.7000	2.5400	478.500	2.5130	.4780	.0744	.0064
38	332.6000	1.9890	332.200	1.9840	.2141	.0194	.0097
39	450.3000	2.1880	449.100	2.1690	.3951	.0193	.0032
40	511.0000	2.3090	511.000	2.3090	.4860	.0208	.0045
41	.5300	.0591	1.883	.0188	.0000	-----	-----
42	523.1000	3.0200	523.500	3.0150	.5628	.0208	-----
43	258.5000	2.1340	257.700	2.1260	.1455	.0207	.0097
44	504.7000	2.2090	454.300	2.1930	.4008	.0204	.0064
45	293.1000	2.1050	291.400	2.0890	.1597	.0180	.0064
46	310.2000	2.1500	309.400	2.1420	.2146	.0201	.0052
47	35.0800	.1101	32.160	.1047	.0020	.1201	.0045
48	398.4000	2.2010	398.400	2.2010	.3350	.0196	.0052
49	555.6000	2.7300	554.700	2.7170	.5690	.0201	.0064
50	380.1000	2.2280	379.700	2.2250	.3212	.0215	.0064

Prumer 422.7000 2.2650 420.800 2.2520 .3647 -----

Standard

Odchylka : 131.8000 .5763 131.300 .5773 .1663 -----

Prum -

2.00 * Sod: 159.1000 1.1130 158.300 1.0970 .0320 -----

-

Prum +

2.00 * Sod: 686.3000 3.4180 683.400 3.4070 .6974 -----

-

Var. koef 31.18 25.44 31.20 25.63 45.61 -----

Identifikace vzorku: E2

Datum testu: 04 Pro 2006

Celkem 49 mereni, 0 vylouчено.

Poznamky k vzorku: 29, 500mm/min, upin delka 50mm

Teleso (ManYoung)	Displcment at		Load at user		Energy to Break		Slope Point (AutYoung)	
	Maximum	Maximum	Break	Break	Break	Break	Point	(N/mm)
Cislo	(mm)	(N)	(mm)	(N)	(J)	(N/mm)	(N/mm)	
1	204.6	2.660	203.4	2.625	.1440	-----	.0019	
2	181.9	2.397	181.9	2.397	.1177	-----	.0032	
3	221.0	2.271	219.3	2.239	.1284	-----	.0064	
4	203.1	2.252	203.1	2.252	.1187	.0295	.0032	
5	223.9	2.295	223.9	2.295	.1320	-----	.0064	
6	214.7	2.000	213.4	1.981	.1051	-----	.0032	
7	216.5	2.443	216.1	2.432	.1395	.0249	.0019	
8	218.5	2.588	218.5	2.588	.1501	-----	.0032	
9	235.1	2.180	234.3	2.148	.1332	-----	.0032	
10	227.8	2.424	226.6	2.389	.1449	.2378	.0019	
11	214.5	2.709	213.7	2.693	.1560	.2455	.0026	
12	215.5	2.617	215.9	2.609	.1563	.0262	.0026	
13	222.3	2.078	221.5	2.051	.1151	.0230	.0032	
14	216.7	2.561	216.3	2.556	.1467	.0277	.0039	
15	209.5	2.556	208.3	2.515	.1386	.0287	.0026	
16	197.4	2.548	195.8	2.499	.1321	-----	.0026	
17	209.3	2.403	208.5	2.381	.1267	.0291	.0032	
18	228.5	2.687	226.8	2.642	.1569	-----	.0064	
19	215.8	2.593	215.8	2.593	.1495	.2416	.0026	
20	211.2	2.805	210.8	2.797	.1627	.0297	.0039	
21	213.8	2.282	213.8	2.282	.1243	-----	.0032	
22	182.3	2.588	182.3	2.588	.1330	-----	.0032	
23	186.4	2.346	185.2	2.309	.1152	-----	.0032	
24	204.7	2.365	203.4	2.327	.1241	-----	.0045	
25	211.0	2.446	211.0	2.446	.1351	.0276	.0032	
26	201.7	2.319	200.5	2.298	.1217	-----	.0039	
27	208.1	2.440	208.1	2.440	.1354	-----	.0032	
28	196.8	2.515	195.5	2.481	.1311	.0284	.0039	
29	194.9	2.438	193.3	2.392	.1274	-----	.0019	
30	251.0	2.773	250.1	2.757	.1812	.0262	.0032	

31	172.8	2.317	172.0	2.293	.1101	-----	.0039
32	224.4	2.642	224.0	2.631	.1566	-----	.0039
33	226.3	2.612	226.3	2.612	.1540	-----	.0045
34	228.0	2.856	228.9	2.854	.1797	-----	.0026
35	195.9	2.172	195.5	2.161	.1097	.0291	.0071
36	203.5	2.470	203.1	2.459	.1313	.0292	.0019
37	183.8	2.440	182.5	2.405	.1194	.0304	.0045
38	201.1	2.784	200.7	2.773	.1587	.0292	.0026
39	206.1	2.685	205.7	2.682	.1503	.0064	.0026
40	208.5	2.679	208.0	2.671	.1522	.0293	.0032
41	172.2	2.362	171.8	2.349	.1112	.0313	.0064
42	203.4	2.440	203.0	2.438	.1319	-----	.0026
43	187.0	2.642	185.3	2.580	.1388	-----	.0026
44	209.3	2.701	208.4	2.685	.1568	.0290	.0026
45	233.9	2.387	232.2	2.349	.1406	.0261	.0097
46	190.2	2.679	190.2	2.679	.1467	.0286	.0032
47	221.4	2.279	221.4	2.279	.1283	.0279	.0032
48	163.2	2.156	164.1	2.145	.0953	.3141	.0013
49	172.0	2.752	171.6	2.741	.1403	.0357	.0039
Prumer	207.0	2.482	206.4	2.465	.1366	-----	.0036
Standard							
Odchylna :	18.3	.202	18.3	.204	.0183	-----	.0016
Prum -							
2.00 * Sod:	170.4	2.078	169.9	2.056	.1000	-----	.0004
Prum +							
2.00 * Sod:	243.5	2.887	242.9	2.874	.1733	-----	.0067
Var. koef	8.84	8.15	8.84	8.29	13.41	-----	44.00

Identifikace vzorku: E3

Datum testu: 04 Pro 2006

Celkem 50 mereni, 0 vylouceno.

Poznamky k vzorku: 29,upinaci delka 50mm,500mm/min

Displcement	Load	Displcement	Load	Energy to	Slope	Slope
-------------	------	-------------	------	-----------	-------	-------

(ManYoung)	Teleso	at	at	at user	at user	Break		Point	(AutYoung)
		Maximum	Maximum	Maximum	Break	Break	Break		
	Cislo	(mm)	(N)	(mm)	(N)	(J)	(N/mm)	(N/mm)	
	1	347.7	3.573	346.5	3.538	.2791	.0337	.0039	
	2	341.3	4.274	341.3	4.274	.3492	.0379	.0064	
	3	288.0	4.311	286.7	4.274	.3017	.0443	.0045	
	4	323.5	4.191	323.1	4.188	.3173	.0407	.0032	
	5	294.7	4.250	294.2	4.228	.3042	.0421	.0039	
	6	283.8	3.885	283.8	3.885	.2796	.0416	.0052	
	7	320.3	4.650	320.3	4.650	.3621	.0427	.0052	
	8	311.5	4.384	310.2	4.333	.3218	.0423	.0039	
	9	285.7	3.973	284.1	3.903	.2679	.0406	.0032	
	10	338.7	4.107	338.3	4.089	.3213	.0382	.0052	
	11	316.0	4.172	316.4	4.161	.3187	.0409	.0064	
	12	293.4	4.164	294.6	4.145	.3164	.0366	.0058	
	13	307.2	4.408	307.6	4.405	.3337	.0405	.0058	
	14	315.7	4.443	314.9	4.440	.3375	.0418	.0032	
	15	302.6	4.279	302.2	4.276	.3162	.0415	.0052	
	16	310.5	3.976	310.1	3.976	.3001	.0374	.0045	
	17	305.3	4.242	304.5	4.215	.3109	.0406	.0064	
	18	317.6	4.443	317.6	4.443	.3429	.0438	.0064	
	19	348.0	4.056	348.0	4.056	.4552	.0369	.0052	
	20	303.1	3.683	302.2	3.672	.2689	.0376	.0064	
	21	336.3	4.244	335.9	4.231	.3361	.0368	.0052	
	22	313.4	4.188	312.6	4.161	.3162	.0406	.0064	
	23	311.9	4.131	312.3	4.102	.3133	.0397	.0039	
	24	321.5	4.011	320.2	3.968	.3097	.0363	.0039	
	25	321.9	4.295	320.6	4.258	.3244	.0405	.0052	
	26	322.0	4.274	320.3	4.223	.3250	.0400	.0039	
	27	315.3	4.454	314.9	4.443	.3585	.0403	.0032	
	28	361.2	3.366	359.6	3.345	.3502	.0418	.0045	
	29	299.4	4.086	299.4	4.086	.2999	.0389	.0052	
	30	296.5	4.279	296.5	4.279	.3154	.0420	.0039	
	31	328.5	3.785	328.1	3.764	.2936	.0366	.0032	
	32	310.7	3.774	309.9	3.748	.2830	.0363	.0045	
	33	323.8	3.764	323.0	3.729	.2895	.0343	.0052	

34	317.3	4.150	317.8	4.129	.3135	.0391	.0039
35	304.3	3.952	304.7	3.949	.3147	.0358	.0064
36	321.6	4.314	320.3	4.287	.3320	.0388	.0032
37	318.9	4.048	317.7	4.013	.3017	.0378	.0045
38	314.8	4.250	315.2	4.247	.3248	.0393	.0052
39	395.4	3.697	395.4	3.697	.4161	.0402	.0045
40	332.4	4.038	331.1	4.000	.3163	.0372	.0052
41	318.1	3.944	317.7	3.930	.3046	.0353	.0097
42	308.0	3.460	307.2	3.423	.2543	.0372	.0058
43	318.9	3.914	317.7	3.885	.2921	.0380	.0097
44	319.5	3.621	319.9	3.619	.2769	.0365	.0039
45	300.2	3.705	299.7	3.702	.2886	.0348	.0064
46	319.0	4.322	317.8	4.274	.3271	.0394	.0032
47	287.6	2.548	286.7	2.523	.1744	.0343	.0058
48	304.9	3.664	304.5	3.654	.2516	.0416	.0052
49	368.1	3.901	368.1	3.901	.4275	.0413	.0064
50	333.1	4.244	333.1	4.244	.3401	.0373	.0064

Prumer 318.0 4.038 317.5 4.019 .3155 .0390 .0051

Standard

Odchylna : 21.1 .355 21.1 .356 .0435 .0026 .0014

Prum -

2.00 * Sod: 275.7 3.328 275.3 3.306 .2285 .0338 .0022

Prum +

2.00 * Sod: 360.2 4.747 359.7 4.732 .4026 .0442 .0080

Var. koef 6.64 8.78 6.65 8.87 13.80 6.68 28.52

Identifikace vzorku: E4

Datum testu: 04 Pro 2006

Celkem 50 mereni, 0 vyloucono.

Poznamky k vzorku: 29,upinaci delka 50mm,500mm/min

Displcement	Load	Displcement	Load	Energy to	Slope	Slope
at	at	at user	at user	Break		
Teleso	Maximum	Maximum	Break	Break	Point	(AutYoung)

(ManYoung)

Cislo	(mm)	(N)	(mm)	(N)	(J)	(N/mm)	(N/mm)
1	418.7	3.313	417.9	3.275	.4743	.0177	.0039
2	331.1	2.574	330.7	2.561	.2570	.0170	.0039
3	326.5	3.060	326.9	3.050	.3840	.0200	.0039
4	315.3	2.403	314.9	2.400	.2273	.0191	.0039
5	348.1	2.658	346.8	2.588	.3051	.0184	.0032
6	391.3	3.506	390.9	3.493	.4833	.0204	.0052
7	409.6	3.611	409.6	3.611	.5087	.0192	.0052
8	389.4	3.361	389.8	3.342	.4483	.0191	.0052
9	398.5	3.463	397.6	3.431	.4825	.0188	.0064
10	326.5	2.787	325.3	2.770	.2887	.0185	.0045
11	309.3	2.389	309.7	2.376	.2226	.0184	.0064
12	339.1	3.125	337.9	3.106	.3392	.0209	.0039
13	322.5	2.881	322.9	2.848	.2903	.0201	.0026
14	279.2	2.086	278.7	2.078	.1652	.0183	.0039
15	382.7	3.240	381.8	3.229	.4402	.0188	.0097
16	280.0	2.427	278.8	2.405	.1962	.0202	.0032
17	299.1	2.577	298.2	2.558	.2515	.0201	.0039
18	402.6	3.270	401.3	3.219	.4690	.0191	.0052
19	426.7	3.439	426.7	3.439	.5061	.0181	.0052
20	340.6	3.060	339.8	3.015	.3912	.0193	.0026
21	329.0	2.754	318.1	2.738	.3036	.0215	.0032
22	382.3	3.450	380.6	3.369	.4467	.0194	.0052
23	351.0	3.170	351.4	3.146	.3741	.0201	.0064
24	327.4	2.980	325.7	2.956	.3069	.0197	.0039
25	348.8	3.302	347.6	3.232	.4225	.0200	.0052
26	255.0	2.346	255.4	2.344	.1751	.0218	.0039
27	329.1	2.674	328.7	2.671	.3077	.0205	.0026
28	358.0	3.240	358.4	3.238	.3820	.0183	.0058
29	336.5	3.106	335.7	3.103	.3868	.0200	.0039
30	222.2	2.440	221.4	2.429	.1650	.0235	.0039
31	291.9	3.485	297.3	3.482	.3960	.0227	.0052
32	350.9	3.189	350.5	3.178	.3828	.0186	.0045
33	303.6	3.310	301.9	3.278	.3599	.0229	.0032
34	325.1	3.262	308.8	3.246	.3479	.0213	.0052
35	364.3	3.399	364.3	3.399	.4354	.0185	.0097

36	357.4	3.689	357.0	3.672	.4449	.0345	.0045
37	306.6	2.918	306.6	2.918	.3289	.0209	.0032
38	302.2	2.969	302.6	2.961	.3043	.0218	.0052
39	281.0	2.701	281.0	2.701	.2370	.0197	.0064
40	321.1	3.004	319.4	2.932	.3625	.0200	.0026
41	317.8	3.028	316.5	2.961	.3549	.0220	.0045
42	327.2	3.415	327.6	3.407	.4051	.0234	.0064
43	267.7	2.225	266.1	2.199	.1679	.0203	.0039
44	355.6	3.487	353.9	3.442	.4099	.0198	.0097
45	384.3	3.332	383.4	3.291	.4373	.0202	.0045
46	340.0	3.404	340.4	3.393	.4339	.0197	.0032
47	239.9	2.400	239.9	2.400	.1761	.3759	.0032
48	341.0	2.983	340.2	2.974	.3617	.0203	.0064
49	278.5	2.671	278.9	2.660	.2451	.0211	.0064
50	333.7	3.310	332.4	3.259	.3510	.0236	.0026
Prumer	333.3	3.017	332.4	2.995	.3469	.0275	.0047
Standard							
Odchylka :	44.9	.408	45.0	.404	.0980	.0504	.0017
Prum -							
2.00 * Sod:	243.5	2.202	242.5	2.187	.1509	*****	.0013
Prum +							
2.00 * Sod:	423.2	3.833	422.3	3.804	.5429	.1282	.0082
Var. koef	13.48	13.51	13.52	13.49	28.25	183.28	36.43

